مركز براهين لدراسة الإلحاد ومعالجة النوازل العقدية

صندوق داروين الأسود

تحدي الكيمياء الحيوية لنظرية التطور

د. مايكل بيهي

أستاذ الكيمياء الحيوية بجامعة ليهاي بينسلفانيا

ترجمة:

د. مؤمن الحسن - د. أسامة إبراهيم - د. زيد الهبري

وآخرون



دار الكاتب للنشر والتوزيع

Elkateb for Publishing and Distribution

صندوق داروين الأسود

صندوق داروين الأسود
تحدي الكيمياء الحيوية لنظرية التطور

Darwin's Black Box
The Biochemical Challenge To Evolution

د. مايكل بيهي

Michael J. Behe

ترجمة:
د. مؤمن الحسن - د. أسامة إبراهيم - د. زيد الهبري وآخرون

مراجعة وتقديم:
أحمد يحيى - عبد الله بن سعيد الشهري

الطبعة الأولى: ديسمبر ٢٠١٤
رقم الإيداع: ٢٥٦٢٥ / ٢٠١٤
الترقيم الدولي: ٩٧٨-٩٧٧-٨٥١٦٥-١-٧

دار الكاتب للنشر والتوزيع - الإسماعيلية - مصر
٠١٢٧١٠٣١٢١٨(٠٠٢) - ٠١٠١٥٥٧٧٤٦٠(٠٠٢)

صندوق داروين الأسود

تحدي الكيمياء الحيوية لنظرية التطور

تأليف

د. مايكل بيهي

ترجمة

د. مؤمن الحسن - د. أسامة إبراهيم – د. زيد الهبري
وآخرون

مراجعة وتقديم

أحمد يحيى - عبدالله الشهري

دار الكاتب للنشر والتوزيع
Elkateb for Publishing and Distribution

«مركز براهين» لدراسة الإلحاد ومعالجة النوازل العقدية هو مركز بحثي مستقل، يعمل بشكل رسمي من خلال موقعه على شبكة الإنترنت ويُعنى فقط بالعمل في المجال البحثي الأكاديمي لتوفير إصدارات متعددة (كتابية - مرئية - سمعية) على درجة عالية من الدقة والموضوعية والتوثيق يسعى من خلالها لتحقيق رسالته.

• رؤية المركز: عـــالم بـــلا إلحـاد.

• رسالة المركز: المساهمة النوعية في تفكيك الخـطاب الإلــحـــادي ونقد مضـامينه العلميــة والفلسفية وأبعاده التاريخية والأخلاقية والنفسية والاجتماعية وبناء التصورات الصحيحة عن الدين والإنسان والحياة ومعالجة النوازل العقدية انطلاقاً من أصول الشريعة ومحكمات النصوص كل ذلك بلغة علمية رصينة وأسلوب تربوي هادف.

المشرف العام: أ. عبد الله بن سعيد الشهري

مدير المركز: م. أحمد حسن

اللجنة العلمية: د. هيثم طلعت - أحمد يحيى - مصطفى قديح

الإدارة التنفيذية: تتولى إدارة (دار الكاتب للنشر والتوزيع) مهام الإدارة التنفيذية للمركز.

مستشار الشؤون القانونية: أ. محمود بسيوني عبد الله

الموقع الرسمي: www.braheen.com

للتواصل والاستفسارات: info@braheen.com

فيسبوك: fb.braheen.com

تويتر: t.braheen.com

يوتيوب: y.braheen.com

تمهيد

لا يسعنا في مستهل التعريف بالكتاب الذي بين أيديكم أن نتجاوز التعريف بمؤلفه (مايكل بيهي) أستاذ العلوم البيولوجية بجامعة ليهاي في بنسلفانيا، والحاصل على الدكتوراه في تخصص الكيمياء الحيوية عام ١٩٧٨م من نفس الجامعة.

بالإضافة إلى نشره ما يناهز الأربعين مقالة في مجلات علمية محكمة متخصصة فى مجال الكيمياء الحيوية، حرر بيهي مجموعة من المقالات الرئيسية Editorial Features لبعض الدوريات مثل: Boston Review, American Spectator, New York Times.

ظهرت الطبعة الأولى من كتاب (صندوق داروين الأسود) عام ١٩٩٦م، حيث أثار جدلًا واسعًا في الأواسط العلمية في ذلك الوقت؛ وذلك لما طرحه من إشكاليات حول قدرة الداروينية الحديثة على تفسير كيفية نشوء النظم البيولوجية في أبسط صورها علي صعيد المستوى البيوكيمائي الجزيئي في الحياة المجهرية الدقيقة بالطرائق الطبيعية.

كما ساهم الكتاب في إعادة صياغة حجة التصميم في النظم الحيوية على مستوى الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الدقيقة، من خلال طرحه لفكرة التعقيد الذي لا يمكن اختزاله Irreducible Complexity، والتي يستلزم وجودها تدخلا ذكيًا.

قُيِّمَ كتاب (صندوق داروين) من قبل مجلتي (National Review) و (World Magazine) كواحد من أهم مائة كتاب في القرن العشرين، ويصف ديفيد بيرلنسكي مؤلف كتاب (A Tour Of The Calculus) كتاب بيهي بأنه "عمل غير مسبوق"، ويعده "ضربة ساحقة ضد داروين علي مستوى الكيمياء الحيوية بالتأصيل والرشاقة وقوة الثقافة".

يرمي بيهي من خلال عنوان كتابه (الصندوق الأسود) إلى الاصطلاح الذي درج استعماله في وصف النظام أو الآلة التي يجهل كيفية عملها، وقد مثلت الخلية لداروين ومعاصريه صندوقًا أسودًا بالفعل، فالخلية التي كانت تبدو آنذاك تحت المجهر ككرة هلامية ذات بقعة مظلمة تمثل النواة، تعرف الآن كنظام معقد للغاية، إنها مدينة كاملة من الآلات الجزيئية المتعاضدة المتكاملة التي يحسدها عليها علماء التقانات النانوية، فمع اهتزازها أو التفافها أو زحفها المتواصل في أرجاء الخلية، تقطع هذه الآلات، وتلصق وتنسخ جزيئات جينية، وتقوم بنقل

المغذّيات من مكان إلى آخر، أو تحولها إلى طاقة، وتبني أو تصلح الأغشية الخلوية، وتنقل الرسائل الميكانيكية والكيميائية والكهربائية، وكل جزيء له وظيفته التي يختص بها ويقوم بها بكفاءة وتعقيد معجز.

وهذا التعقيد يتحدى اختبار داروين الذي وضعه بنفسه حين قال في كتابه (أصل الأنواع): "إذا كان من الممكن إثبات وجود أي عضو معقد لا يُرجَّح أنه قد تشكل عن طريق العديد من التعديلات المتعاقبة والطفيفة، فسوف تنهار نظريتي تماما".(١)

وكما يقول بيهي فإن هذا الاختبار الذي وضعه داروين كان أساس فكرته في هذا الكتاب. واستجابة لذلك، يستعرض تلك النظم غير القابلة للاختزال Irreducible Complexity على حد وصفه، والتي تقوم علي مبدأ التعاضد التام بين مكوناتها المختلفة؛ حيث تعمل معًا لإنجاز العمل المنوط بذلك النظام.

فلو قمنا بإزالة أحد هذه المكونات سوف يتوقف النظام عن العمل، وهو ما يمثل تحديا أساسيًّا للعمليات الداروينية التي تفترض أن هذه النظم الحيوية تمر أثناء رحلة تطورها عبر سلسلة من المراحل الوسيطة الطفيفة والمتتالية، يقوم خلالها الانتقاء الطبيعي بصياغة تكيفها تدريجيّا؛ بالحفاظ على تغيرات المرحلة المفيدة والوظيفية، وتدمير ما هو غير صالح أو أقل تكيّفا. وهنا تكمن المعضلة المحورية؛ فهذه الأعضاء لا تستطيع أن تقوم بوظيفتها إلا بوجودها مكتملة، والكيانات الوسيطة المتتالية التي من المفترض أن يمر بها العضو أثناء رحلة تطوره ليس لها أي معنى وظيفيّ إلا بوصفها أجزاء من المنتج النهائي.

من منطلق دعوة داروين، وفي سبيل شرح حجته، يتنقل بيهي برشاقة أسلوبه المعهودة وأمثلته المثيرة بين العديد من النظم الحيوية التي تتحدى نظرية التطور، في رحلة مجهرية شيقة للنظر عميقا في داخل الصندوق..

(صندوق داروين الأسود).

أحمد يحيى

رئيس قسم البحوث البيولوجية بمركز براهين

---

(1) Charles Darwin, "The Origin Of Species", Harvard University Press, 1964, p189.

لماذا هذا الكتاب؟!

بسم الله والحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله وعلى آله وصحبه، أما بعد..

فإدراكًا من مركز براهين لأهمية توفر المادة العلمية المناسبة بين أيدي الباحثين المهتمين بنقد أو تقييم نظرية التطور، يأتي كتاب (صندوق داروين الأسود) لمايكل بيهي ليسد شيئا من هذه الحاجة، ولينضم إلى قافلة أطروحات الخبراء المناهضة لنظرية التطور الدارويني. وككتاب (تصميم الحياة)، يتبنى هذا الكتاب مقالة التصميم الذكي[1]، ويبتكر لتعضيدها دليلًا قويًّا لم تستطع كافة النقود الموجهة ضده أن تقدم من الأدلة ما ينهض للقدح فيه، فضلًا عن دحضه؛ ألا وهو دليل التعقيد غير القابل للاختزال أو التعقيد الذي لا أبسط منه (irreducible complexity). وفكرة التعقيد غير القابل للاختزال من حيث هي ظاهرة بيولوجية –كما يذكر بيهي في هذا الكتاب– قد رُصدت من قبل وأشار إليها بعض العلماء، ولكنها لم تحظ باهتمام بارز وتحتل موقعًا مهمًا في أدبيات التطور المتأخرة إلا على يدي عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي مايكل بيهي.

والكتاب وإن كان يدور في مجمله على تأكيد أهمية التعقيد المشار إليه، وتفصيل دلالته الظاهرة على التصميم[2]، إلا أنه قد عني بذكر أدلة أخرى على وهاء نظرية التطور الدارويني كتفسير لأصل الحياة بالاعتماد على التراكم التدريجي العشوائي للتغيرات الطفيفة وعمل الانتخاب الطبيعي عليها. فقد جعل بيهي الفصل السابع من هذا الكتاب لبيان: "أنَّ الأنظمةَ المعقدةَ غير القابلة للاختزال ليست هي المشكلةُ الوحيدةُ لفكرة التدرج".[3] ليصل بعد ذلك إلى نتيجة ما فتئت تكتسب زخمًا مرة تلو مرة في أدبيات نقد التطور الدارويني، ألا وهي – كما يقول بيهي– ثبوت: "عجْز النظرية الداروينية عن تفسير الأُسُس الجزيئية للحياة، لا مقابل التحليل المقدم في هذا الكتاب فحسب، بل بسبب الغياب التام لأيِّ نموذج مفصل يمكن من خلاله تفسير نشوء الأنظمة البيوكيمائية الحديثة في الأدبيات العلمية الاختصاصية".[4]

---

(1) أفرد بيهي الفصل التاسع من هذا الكتاب لمفهوم التصميم الذكي.

(2) يُنظر تقدمة كتاب (تصميم الحياة)، من إصدارات براهين، حيث كتبتُ رأيي مختصرا في تعبير "التصميم الذكي".

(3) في نهاية الفصل السابع.

(4) مطلع الفصل التاسع بتصرّف يسير جدا.

كما أن المؤلف في سياق تأصيله لمفهوم التعقيد غير القابل للاختزال لم يقتصر على مثال حيوي وحيد. فقد لفت بيهي الانتباه إلى ملاحظة مهمة وهي أن أمثلة هذا المفهوم في مظاهر الحياة المختلفة، وتحديدًا على المستوى الجزيئي، كثيرةٌ جدا. وفي ذلك يقول به بيهي: "فالأمثلة على التعقيد غير القابل للاختزال وفيرة، وتتضمن بعض مناحي تضاعف الدنا، وعمليات نقل الإلكترونات، واصطناع القسيمات الطرفية للصبغيات —التيلوميرات— والتركيب الضوئي، وتنظيم الانتساخ للحمض النووي والكثير من الأمور".

من المهم قبل السير قدُمًا في فصول هذا الكتاب الماتع أن نتعرف على المعنى الذي يقصده بيهي بعبارة "التصميم الذكي"، فإن هذا مما يعين على فهم كافة الحجج والمفاهيم المرتبطة بها وهو يتحدث عنها. وقد نصَّ بيهي على مراده بهذه العبارة في مقال بعنوان (ما التصميم الذكي على وجه الدقة؟)، نشرته مجلة (البيولوجيا والفلسفة) عام ٢٠٠١م، وفيه يقول: "قد يُقصد بالتصميم الذكي أنَّ قوانين الطبيعة نفسها مصممة لإنتاج الحياة والأنظمة المعقدة التي تدعمها. من دون تعليق على تبعات هذا الرأي، دعوني فقط أقولُ لكم بأنَّهُ ليس المعنى الذي حددته للعبارة. قصدت بال(التصميم الذكي) افتراض تصميم غير قوانين الطبيعة؛ أيْ هل هناك أسباب أخرى للاستنتاج —بأخذ قوانين الطبيعة كما هي— بأنَّ الحياةَ والأنظمة المكونة لها قد رتبت بشكل مقصود، كما أنَّ هناك أسبابًا غير قوانين الطبيعة للاستنتاج بأنَّ مصيدة فئران قد تم تصميمها؟ فعندما أشير إلى التصميم الذكي فأنا أقصد —ما لم أنص على العكس— هذا المغزى الأقوى للتصميم فوق قوانين الطبيعة".

إن بيهي ليذكرنا بهذا التميز الفارق المهم بالأصل الذي قرره الفيلسوف لودفيج فتغنشتاين حين صرّح أن "معنى العالم لا بد أن يقع خارج العالم"، وأن "في داخل العالم كل شيء على ما هو عليه، ويقع كما يقع"، وأن "في داخله لا يوجد قيمة، وإن وجدت فستكون بلا قيمة".(٥) وذلك من جهة أن بيهي وفتغنشاتين متفقان على أن القوانين من حيث كونها قوانين منتمية لهذا العالم فقط ليست إلا وقائع مجردة، لاحول لها ولاقوة من تلقاء نفسها، وأننا إذا ما أردنا أن نسبغ على مجموع علاقاتها ببعضها البعض معنى ذا مغزى، فإنه يتعيّن علينا أن نبحث عن أصل هذا المعنى خارجها لا فيها.

(5) Wittgenstein, L. (1960) Tractatus Logico-Philosophicus, Routledge & Kegan, London, p. 183.

نترك الآن المجال للقارئ كي يبحر في فصول هذا الكتاب، متجلّدًا على ما قد يصادفه من اصطلاحات خاصة يعرفها خبراء هذا العلم، ناهلًا من جُلّه لا فوائد علمية فحسب، وإنما دروسًا حياتية رائعة، وخبرات شخصية نافعة، ولفتات فلسفية دينية مهمة، وفوق ذلك كله إضاءات على آيات "الصُنع المتقن"، لا في مظاهر الخلق البادية للعين المجردة فقط وإنما الكامنة أيضًا في أدق تفاصيل الحياة ﴿أَلَا يَعْلَمُ مَنْ خَلَقَ وَهُوَ اللَّطِيفُ الْخَبِيرُ﴾.

في الختام كما في البدء، الشكر الخالص لله وحده على ما وفق إليه من إتمام لهذا العمل. ثم أتوجه بالشكر الصادق لفريق الترجمة والتنسيق على ما بذله من جهد كبير في ظروف زمنية ومادية لم تؤازره كثيرا، ولكنه استطاع –بعون من الله– مواجهة تلك التحديات لإخراج هذا العمل في وقت قياسي. بقي أن نذكّر القارئ الناصح في حال وجد ما يستحق التصحيح أو التحسين ألاّ يبخل علينا بتوجيه منصف أو نقد هادف، والله يتولّى ثوابه أولا، وله منّا حق الشكر ثانيا. والحمد لله رب العالمين.

عبدالله بن سعيد الشهري

المشرف العام على مركز براهين

صندوق داروين الأسود

مُقَدِّمَة

ظاهرة جزيئية

لقد بات من المألوف، بل من المبتذل تقريباً، أنْ نقولَ: إنَّ العلمَ قدْ قطعَ خطواتٍ كبيرةً في فهم الطبيعة. كما أن فهمنا لقوانين الفيزياء قد وصل إلى درجة تسمح لمسابير الفضاء بالسفر دون أنْ تضلَّ طريقَها لتصور عوالم بعيدة عن الأرض مليارات الأميال. أما الحواسيبُ والهواتفُ والأضواءُ الكهربائيةُ وغيرُها من الأمثلة فتقف شاهدة على تسخير العلم والتكنولوجيا لقوى الطبيعة. وأما اللقاحات والمحاصيل وفيرة الإنتاج فقد أوقفت العدوين القديمين[1] للبشرية المرض والجوع - على الأقل في بعض نواحي العالم.

ويعلن كل أسبوع تقريبًا عن اكتشافات في البيولوجيا الجزيئية تعزز الأمل بالشفاء من الأمراض الوراثية وغيرها.

ومع كل ذلك فإنَّ فهْمَ كيفية عمل الأشياء لا يكافئ معرفة من أين جاءت. إذ يمكننا على سبيل المثال توقع حركة الكواكب في النظام الشمسي بدقة بالغة ولكن يبقى أصل النظام الشمسي موضع جدل "أيْ السؤال عن كيفية تشكل الشمس والكواكب وأقمارها منذ البداية"،(1) قد يحل العلم الأحجية في نهاية الأمر، ولكن المسألة قائمة لأنَّ فهم أصل الشيء مختلف عن فهم عمله اليومي.

سيطرة العلم على الطبيعة دفع الكثيرين لافتراض أنَّ العلمَ أيضًا يمكنه (وفي الواقع يجب عليه) تفسير أصل الطبيعة والحياة.

إنَّ ما افترضه داروين من إمكانية تفسير الحياة بالاصطفاء الطبيعي الذي يعمل على التنوع الحيوي قد لقي قبولًا واسعًا في الأوساط المثقفة لأكثر من قرن، رغم أنَّ الآلياتِ الأساسيةَ للحياة بقيت غامضة إلى بضعة عقود سابقة.

واكتشف العلم الحديث في النهاية أنَّ الحياةَ ظاهرةٌ جزيئية: أيْ أنَّ كلَّ الأحياء مكونة من جزيئات هي بمثابة الصواميل والبراغي، والتروس والبكرات، للأنظمة الحيوية.

---

(1) النظر للكوارث أو الأضرار الطبيعية التي تنزل بالإنسان على أنها "أعداء" وأن على الإنسان "مواجهة" هؤلاء الأعداء و"الإطاحة بهم"، هو نظر تطور في وعي الإنسان الغربي بوجه خاص؛ وهو نظر ينم عن شعور متضخم بالاستقلال ورغبة جامحة في التعالي على كل جوانب النقص/الضعف في موقف الإنسان من العالم. وقد اختصر فوكوياما في (نهاية التاريخ) وصف مختلف تجليات هذه الحالة النرجسية المتفائلة في مفهوم التيموس/الثايموس thymos. (الشهري)

وبالتأكيد نجد في المستويات الأعلى صور حيوية معقدة "مثل دوران الدم"، ولكن التفاصيل النهائية للحياة تكمن في مجال الجزيئات الحيوية، لذلك فعلم الكيمياء الحيوية الذي يدرس هذه الجزيئات وضع على عاتقه مهمة استكشاف الأساس الجزيئي العميق للحياة.

تولى علم الكيمياء الحيوية منذ منتصف الخمسينيات عبء تفسير علم الحياة على المستوى الجزيئي. ولئن كان دارون قد جهل سبب الاختلافات بين الأنواع (رغم أنها من مطالب نظريته) فإنَّ علمَ الكيمياء الحيوية تعرَّف على الأساس الجزيئي للتنوع. ومقابل عجز علم القرن التاسع عشر عن معرفة آلية الرؤية أو المناعة أو الحركة نجد أنَّ الكيمياء الحيوية الحديثة قد عرفت الجزيئات التي تمكّن من أداء هذه الوظائف وغيرها.

توقعوا في الماضي أن يكون أساس الحياة بسيطًا جدا ولكنها توقعات مُنيت بالخيبة، إذ أثبتت الحركة والرؤية وغيرها من الوظائف أنَّها ليست أقلَّ تعقيدًا من كاميرات التلفاز والسيارات. لقد أحرز العلم تقدمًا كبيرًا في فهم كيفية عمل كيمياء الحياة، ولكن وقفوا عاجزين أمام تفسير أصل أناقة وتعقيد الأنظمة الحيوية على المستوى الجزيئي. ولم تحدث عمليًّا أيَّة محاولة لتفسير نشوء أنظمة حيوية جزيئية معقدة معينة فضلًا عن وجود أيّ تقدم في هذا المجال. أكد العديد من العلماء بقوة أنَّ التفسيرات متاحةٌ بسهولة أو ستكون متاحةً عاجلًا أو آجلًا. ولكن لم تحظ هذه التوكيدات بسند حقيقيّ في المنشورات العلمية الاحترافية، والأهم من ذلك توجد أسباب تفرض ذاتها "اعتمادا على بنية الأنظمة الحيوية نفسها" تدفعنا للاعتقاد بأنَّ أي تفسير دارويني لآليات الحياة سيظل تفسيراً مراوغا (elusive).

مصطلح التطور كلمة مرنة [2] قد يستخدمها شخص بمعنى بسيط كالتغير عبر الزمن ويستخدمها آخر بمعنى تحدر كل أشكال الحياة من سلف مشترك دون تحديد آليات التغيير. وفي معناه الكامل – أيْ من وجهة نظر بيولوجية – يعتبر التطور عملية ظهرت فيها الحياة من مادةٍ غيْرِ حيةٍ ثم تطورت كليًّا بوسيلة طبيعية، وهذا هو المعنى الذي اعتمده داروين لكلمة تطور وهو ما تعنيه كلمة تطور في الوسط العلمي وهو ما سنستخدمه خلال هذا الكتاب كله.

اعتذار عن التفاصيل

قدم سانتا كلوز (بابا نويل) قبل عدة سنوات هدية لولدي الأكبر: دراجة بلاستيكية ثلاثية العجلات بمناسبة عيد الميلاد، ولكن لسوء الحظ بسبب كثرة مشاغل بابا نويل لم يكن لديه الوقت ليخرجها من العلبة ويركبها قبل أنْ يرحل. وهكذا تم تحويل هذه المهمة إلى الوالد، فأخرجتُ قطع الدراجة من علبتها وفتحت ورقة تعليمات التركيب وتنهدت إذ كانت ٦ صفحات من التعليمات المفصلة: أخرِج الـ ٨ أنواع من البراغي المختلفة، وصُفها جنبًا إلى جنب أدخل برغيين من قياس ١.٥ إنش عبر المسكة في قصبة الدراجة، أدخِل القصبة عبر الفتحة المربعة في جسم الدراجة وهكذا، رغم أنَّ قراءةَ التعليمات كانت ضد رغبتي ولكني أعرف أنَّهُ لا يمكن قراءتها بسرعة واستخلاص الزبدة كما أفعل بصحيفة، فالغاية كلها تكمن في التفاصيل. وهكذا شمرت عن ساعدي وفتحت زجاجة مرطبات وجلست للعمل، وبعد عدة ساعات تم تجميع الدراجة، وخلال العملية قرأت كل تعليمة أكثر من مرة حتى تثبت في ذهني وقمت بالضبط بالأعمال الواردة في التعليمات.

يبدو أنَّ بغضي للتعليمات ظاهرة منتشرة، فعلى الرغم من أنَّ معظمَ الأسر تمتلك مسجل أشرطة فيديو إلا أن معظمهم لا يمكنهم برمجته. ورغم أنَّ هذه العجائب التقنية قد أرفق معها تعليمات تشغيل كاملة، إلا أن فكرة الدراسة المملة لكل جملة من الدليل تجعل معظم الناس يدفعون هذا العمل لأقرب ولد في العاشرة من عمره.

لسوء الحظ معظم ما يوجد في علم الكيمياء الحيوية يشبه دليلَ التعليمات، ووجه التشابه أنَّ الأهميةَ تكمن في التفاصيل. فطالب الكيمياء الحيوية الذي يتصفح كتاب الكيمياء الحيوية بسرعة سيجلس في الامتحان التالي بلا شك محدقًا في سقف قاعة الامتحان وجبينه يتصبب عرقا.

فتصفح كتاب الكيمياء الحيوية بسرعة لا تؤهل الطالب لأسئلة من نوع "وضح بالتفصيل آلية حلمهة[٢] رابط الببتيد بأنزيم التريبسين موليًا اهتمامًا خاصًا بدور طاقة ارتباط الحالة الانتقالية"، رغم وجود العديد من المبادئ العامة للكيمياء الحيوية التي تساعد الإنسان على فهم الصورة العامة لكيمياء الحياة، ولكن المبادئ العامة لا تأخذك أبعد من هذه المرحلة.

---

[٢] مصطلح "حلمهة" منحوت من كلمتين، الأولى: "تحليل"، والثانية: "الماء"؛ أي التحليل بالماء. قال العلاّمة اللغوي أحمد بن فارس (٣٩٥ هـ): "العرب تنحت من كلمتين كلمة واحدة، وهو جنس من الاختصار" (انظر: الصاحبي، ص٢٠٩). ومن أمثلته الشهيرة: "بسملة"، منحوتة من "بسم الله". (الشهري).

فلو حملت إجازة في الهندسة فإنَّ هذا لا يغنيك عن متابعة كتاب تعليمات الدراجة ثلاثية العجل ولا يمكن لشهادتك أنْ تساعدك مباشرة في برمجة جهاز تسجيل الفيديو. ولسوء الحظ يدرك الكثيرون الانتقائية الحرجة للكيمياء الحيوية؛ فالذين يعانون من فقر الدم المنجلي ويتحملون الألم في حياتهم التي قصَّر أمدها المرض، يعلمون أهمية التفصيل الصغير الذي غيّر واحدًا من ١٤٦ حمضًا أمينيًّا في واحد من عشرات آلاف البروتينات الموجودة في أجسامهم. ومثلهم آباء الأطفال الذين ماتوا بسبب (التاي—ساكس Tay-Sachs) أو التليف الكيسي أو المرضى الذين يعانون من السكري أو الناعور يعلمون تمامًا ما هي أهمية التفاصيل في الكيمياء الحيوية.

وهكذا فأنا كمؤلف أسعى ليقرأ الناس كتابي، تواجهني معضلة، وهي أن الناس لا يحبون قراءة التفاصيل وبالمقابل فإنَّ قصة تأثير علم الكيمياء الحيوية على نظرية التطور تعتمد كليًّا على التفاصيل. ولذلك يجب عليَّ أنْ أكتب نوعًا من الكتب الذي لا يحب الناس قراءته لأقنعهم بالأفكار التي دفعتني للكتابة. ولكن لا بد من التعرف على التعقيد قبل تقدير قيمته، ولذلك فإنَّني أعتذر لقارئي الكريم وأطلب منه الصبر فهناك الكثير من التفاصيل في هذا الكتاب.

الكتاب مقسم إلى ثلاثة أقسام:

القسم الأول: يقدم نظرة عامة للموضوع ويبين لماذا يجب مناقشة التطور على المستوى الجزيئي "مجال علم الكيمياء الحيوية"، ويخلو هذا القسم بشكل كبير من التفاصيل التقنية إلَّا ما يتسلل منها خلال مناقشة العين.

القسم الثاني: يحوي "فصول الأمثلة" حيث توجد معظم التعقيدات الفنية.

القسم الثالث: مناقشة غير تقنية لمضامين الاكتشافات الكيميائية الحيوية.

إذاً يقتصر وجود المادة الصعبة على القسم الثاني غالبًا، ولكن استخدمت فيه بحرية القياس على الأمور المألوفة من مواضيع الحياة اليومية لأوصل الفكرة للقراء. وقللتُ في هذا القسم أيضًا من تفاصيل وصف الأنظمة الكيميائية الحيوية المعقدة. وقد أبعدت الفقرات التي تحوي الكم الأكبر من التفاصيل "المتخمة بالمصطلحات التقنية المؤذية للعين" خارج النص العادي بالتزيين لأشجع القارئ. فبعض القراء قد يتابع مباشرة وبعمق الفصل الثاني، بينما يتمنى آخرون تصفحه بسرعة أو تخطي بعض الفقرات ثم يعودون لها عندما يتأهبون لتقبل المزيد. بالنسبة لأولئك الذين يريدون فهماً أعمق للكيمياء الحيوية وضعت ملحقًا يختصر بعض مواضيع الكيمياء الحيوية العامة، وأشجع الذين يريدون كل التفاصيل أن يستعيروا كتابا تمهيديًا عن الكيمياء الحيوية من المكتبة.

القسم الأول

فُتِح الصندوق

الفصل الأول

بيولوجيا متناهية الصغر

حدود فكرة

هذا الكتابُ حوْلَ فكرة التطوُّر الدارونيِّ التي وصلتْ أقصى حدودها مع اكتشافات الكيمياء الحيوية. الكيمياء الحيوية تعْنى بدراسة الأسس المطلقة للحياة: الجزيئات التي تشكل الخلايا والنسج وتحفز التفاعلات الكيميائية للهضم والاصطناع الضوئي والمناعة وأمورٍ أخرى. وما التقدمُ الهائلُ الذي أنجزتْهُ الكيمياءُ الحيويةُ منذ منتصف الخمسينيات إلَّا رحلةً هائلةً تعبِّرُ عن قوَّةِ العلْمِ في فهم العالم. فأثمرتْ العديدَ من الفوائد العملية في الطب والزراعة؛ ولكن لهذه المعرفة ثمن يستحق سداده فمع اكتشاف الأسُسِ وجب علينا التخلّي عن الطرق القديمة لفهْمِ العالم أوْ مراجعتها بعمْق أوْ حصرها في جزْءٍ محدودٍ من الطبيعة. فهل هذا ما سيحدث لنظرية التطور بالاصطفاء الطبيعي؟

وككثير من الأفكار العظيمة، فكرةُ داروين بسيطةٌ على نحو أنيق، فعندما لاحظ وجود الاختلاف في كل الأنواع: بعضُ الأفراد أكبرُ وبعضُها أصغر، بعضُها أسْرعُ وبعضُها أخَفُّ في اللون وهكذا. ففسر هذا بأنَّ مخزونات الطعام لا يمكنها أنْ تدعمَ كلَّ الكائنات التي تولد، فالكائنات التي يوفر لها اختلافٌ تصادفيٌّ ميزةً في الصراع من أجل الحياة تميل إلى البقاء على قيد الحياة والتكاثر، متفوقة على الكائنات الأقل تفضيلا. إذا كان هذا الاختلافُ قابلًا للتوريث فإنَّ ميزاتِ هذا النوع قد تتغيَّرُ عبْرَ الزمن وقدْ تحصُلُ تغيراتٌ هائلةٌ عبر فتراتٍ طويلةٍ من الزمن.

اعتقدَ معظمُ العلماء ولأكثر من قرن بأنَّ كلَّ الحياة نتجتْ افتراضيًّا –أوْ على الأقل كل ميزاتها المثيرة للاهتمام– عن طريق عمل الاصطفاء الطبيعي على الاختلاف العشوائي. استعملتْ فكرة داروين لشرح منْقار العصفور وحافر الحصان ولوْن الفراشة والحشرات الخادمة (slaves)، وتوزع الحياة حول العالم وعبر العصور. وقد وسَّعَ بعضُ العلماء استعمالَ النظرية لتفسر سلوك البشر: لماذا تنجزُ بعض المجموعات في اختبارات الذكاء بشكل أفضل من مجموعات أخرى ولماذا تعزف البعثاتُ التبشيريةُ عن الزواجَ وإنجاب الأطفال. لم يبقَ شيءٌ مطلقًا –لا عضو أو فكرة، لا منطق أو فكرة– لم يخضعْ للفكر التطوري.

وبعد قرابة قرن ونصف من طرح داروين لنظريته نجحتْ بيولوجية التطوُّر بقوة في تعليل أنماط الحياة التي نراها حوْلَنا. ويظهر بالنسبة للكثيرين أنَّ انتصارها تامٌّ، لكن لا يجري عمل

الحياة الحقيقيُّ على مستوى الحيوان أوْ العضو الكامل. فالأجزاء الأكثر أهمية من الكائنات الحية هي أشياءٌ أصغرُ من أنْ تُرى إذْ تكْمُنُ الحياة في التفاصيل، والجزيئاتُ هي ما يقودُ تفاصيلَ الحياة. قد تشرحُ فكرة داروين حوافرَ الحصان، لكنْ هل تشرحُ أساسَ الحياة؟

تقدَّمَ العلْمُ في بداية الخمسينيات إلى النقطة التي أمْكَنَ عندها تحديدُ أشكال وخصائص عدة جزيئات تؤلف الكائنات الحية. كذلك وُضّحت ببطءٍ وبدقَّةٍ بنى مزيد من الجزيئات البيولوجية، واستُنتجت كيفية عملها من التجارب الكثيرة جدا. وأظهرتْ النتائجُ التراكميةُ بوضوحٍ دقيقٍ أنَّ الحياةَ تعتمِدُ على آلاتٍ مصنوعةٍ من جزيئات. تقود الآلات الجزيئية الحمولةَ من مكان إلى آخر في الخلية عبر (طرق سريعة) مشكَّلَةٍ من جزيئات أخرى، في حين تعمل جزيئات أخرى ككوابل وحبال وبكرات للحفاظ على شكل الخلية. تشغل الآلات مفاتيحًا خلويةً وتطفئها جزيئات تقتل الخلية أحيانًا أوْ تؤدي إلى استمرار نموها. وآلاتٌ تأخذُ طاقتَها من الشمس فتقبض طاقة الفوتونات وتخزنها في مواد كيميائية. تسمحُ الآلاتُ الكهربائيَّةُ للتيار بالجريان عبْرَ الأعصاب. هناك آلات تُصنّع آلات جزيئية أخرى بالإضافة إلى تصنيع نفسها. تسبح الخلية باستعمال الآلات وتنْسخُ نفسَها بآلات وتهْضمُ الطعامَ بآلات. باختصار تتحكمُ آلات جزيئيةٌ عاليةُ التعقيد بكلِّ عملية خلوية، وبالتالي فإنَّ تفاصيلَ الحياة معايرةٌ بشكلٍ دقيقٍ وآلةُ الحياة معقدةٌ بشْكِلٍ هائل.

هل يمْكنُ لكلِّ الحياة أنْ تتناسبَ مع نظرية التطور لداروين؟ يصعب على العامَّةِ الفصْلُ بين الحقيقة والتخمين لأنَّ وسائلَ الإعلام الشعبية تحبُّ نشْرَ قصصٍ مثيرةٍ ولأنَّ بعضَ العلماء يستمتع بافتراض كيف يمكن لاكتشافاتهم أنْ تمضي بعيدا. لمعرفة الدليل الحقيقيِّ يجبُ أنْ تتعمقَ في المجلات والكتب المنشورة من قبل المجتمع العلمي نفسه. تسجل المنشوراتُ العلميةُ التجاربَ مستقاةً من المصدر الأول مباشرة، وهذه التقاريرُ خاليةٌ عمومًا من التخيلات الجامحة التي تظهر في التقارير التالية بعدها. فكما ستلاحظ لاحقًا إنْ بحثتَ عن المنشورات العلمية عن التطور وركزتَ بحثَكَ على السؤال عن كيفية تطور الآلات الجزيئية – أسس الحياة– فستجد صمتًا كاملًا ومريبا. فقد شلَّ تعقيدُ أساس الحياة محاولةَ العلم لتفسيرها، مازالت الآلات الجزيئية ترفع حاجزًا منيعًا أمام امتداد الداروينية العالمية. لمعرفة السبب سأدرس في هذا الكتاب العديد من الآلات الجزيئية المدهشة، ثُمَّ أسألُ إنْ فسرت قط بالاصطفاء الطبيعي والطفرة العشوائية.

التطوُّرُ موضوعٌ مثيرٌ للجدل، فمن الضروري توجيهُ عدَّةِ أسئلةٍ أساسيةٍ في بداية الكتاب. يعتقد الكثيرون بأنَّ التشكيكَ في التطور الداروني يرادفُ التأكيد على اعتناق الخلقية –الاعتقاد بأنَّ الله خلق الكون–، ومن الشائع الاعتقاد بأنَّ الخلقية تتضمن الاعتقاد بأنَّ أرضًا تشكلتْ منذ حوالي ١٠ آلاف سنةٍ فقط وهو تفسيرٌ حرفيٌّ للتوراة مازال منتشرا. وليُعلم أنه ليس لدي سبب يجعلني أشك في أنَّ الكوْنَ عمْرُهُ بلايينُ السنين كما قال الفيزيائيون. بلْ إنَّني أجدُ فكرةَ السَّلَفِ المشترك –كل الكائنات ذات سلف مشترك– مقنعةً بشكلٍ مقبولٍ وليس لديَّ سببٌ معيَّنٌ للشك فيها. أحترم جدًّا عملَ زملائي الذين درسوا تطوَّرَ الكائنات وسلوكها ضمن إطارٍ تطوريٍّ، وأعتقدُ بأنَّ علماء البيولوجية التطورية قد أسْهموا بشكلٍ واسعٍ في فهْمنا للعالم. رغم أنَّ الآليةَ الدارونية –الاصطفاء الطبيعي المعتمد على الاختلاف– قد تشْرحُ العديدَ من الأشياء، لكن لا أعتقدُ أنَّها تفسِّرُ الحياة الجزيئية، كما أنَّنِي لا أعتقد أيضًا أنَّهُ من المفاجئ أنَّ العلمَ الجديدَ الخاصَّ بالأشياء الصغيرة جدًّا سيغير الطريقة التي ننظرُ بها إلى الأشياء الأقلِّ صغرا.

تاريخ مختصر جدًا للبيولوجيا

عندما تمضي الأمورُ بسلاسةٍ في حياتنا، يميلُ معظمُنا إلى الاعتقاد بأنَّ المجتمعَ الذي نعيشُ فيه طبيعيٌّ وبأنَّ أفكارَنا حوْل العالم صحيحةٌ بديهيا. ومن الصعب تصوُّرُ كيف عاشَ أناسٌ آخرون في أماكن وأزمنة مختلفة بطريقة عيشهم المختلفة أو كيف اعتقدوا الأشياءَ التي اعتقدوها. لكن أثناء فترات الاضطراب عندما يتم التشكيك بالحقائق المحكمة، قد يبدو بأنَّهُ لا شيء في العالم منطقيٌّ وذو معنى. يمكن للتاريخ أنْ يذكرَنا أثناء هذه الأوقات بأنَّ البحثَ عن معرفة موثوقةٍ طريقٌ طويل وعمليةٌ صعبةٌ لمْ تصلْ بعْدُ إلى نهاية. ولغايةِ رسْمِ صورةٍ كاملةٍ تمكنُنا من رؤية التطور الداروني عبْرها سألخِّصُ بشكلٍ موجزٍ جدًّا عبْرَ الصفحات القليلة التالية تاريخَ البيولوجية. بطريقة ما كان هذا التاريخُ سلسلةً من الصناديق السوداء كُلَّما فتحْنا أحدَها وجدْنا صندوقًا آخر.

الصندوق الأسود مصطلح لجهازٍ يعمل شيئا؛ لكنَّ الأعمالَ الداخليةَ خفيةٌ –أحيانًا لأنَّ الأعمالَ لا يمكنُ رؤيتها، وأحيانًا لأنَّها فقط غير قابلة للإدراك–. والحواسيبُ تعطي مثالًا جيدًا عن الصندوق الأسود فمعظمنا يستعمل هذه الآلات البديعة دون أدنى فكرةٍ عن كيفية عملها،

فنقوم بمعالجة الكلمات أوْ رسْمِ المخططات أوْ لعب الألعاب جاهلين ما يحدث تحْتَ الصندوق الخارجي. حتى إذا أزلنا الغطاء فإنَّ قلَّةً منا يمكن أنْ يميزَ شيئًا في أدْغال القطع في الداخل. فلا يوجد رابطٌ بسيطٌ يمكنُ ملاحظتُهُ أو يمكنُ إدراكُهُ بين أجزاء الحاسوب والأشياء التي ينجزها.

تصور أنَّ حاسوبًا ذا بطاريةٍ مديدةٍ نُقلَ عبر الزمن آلاف السنين إلى قصر الملك آرثر. كيف سيتفاعل أناسُ أولئك العصر مع حاسوب يعمل؟ معظمهم سينتابهم الفزع، لكن ربما يريدُ شخصٌ ما أنْ يفهمَ هذا الشيء. قد يلاحظُ شخصٌ ما بأنَّ أحرفًا تظْهَرُ على الشاشة عندما يلمس المفاتيح. بعض توليفات الأحرف -الموافقة لأوامر حاسوبية- قد تجعل الشاشة تتغير بعد وهلة، ستتضح العديد من الأوامر. أجدادُنا من العصور الوسطى قد يعتقدون بأنَّهم قد فكُّوا سرَّ الحاسوب. لكنْ في النهاية سيزيلُ شخصٌ ما الغطاء وينظر إلى الحاسوب الذي يعْمَلُ من الداخل. وفجأةً نكتشفُ أنَّ نظريةَ (كيف يعمل الحاسوب) كانتْ ساذجةً للغاية. الصندوق الأسودُ الذي فُكَّتْ شفرتُهُ ببطءٍ سيتكشّفُ عن صندوقٍ أسود آخر.

في العصور القديمة كانتْ كلُّ البيولوجية صندوقًا أسودَ لأنَّه لمْ يفهمْ أحدٌ حتى المستوى الأولي لكيفية عمل الكائنات الحية. فالقدماء الذين نظروا إلى النبات أو الحيوان وتساءلوا كيف تعمل الأشياء في ظل تقنية متخلفة، لقد كانوا حقًّا في الظلام.

بدأ الباحثون البيولوجيون الأوائلُ بالطريقة التي لديهم فقطْ وهي العينُ المجردة. فوصفت عدد من الكتب منذ حوالي ٤٠٠ قبل الميلاد -المنسوبة لأبقراط أبو الطب- أعراض بعض الأمراض الشائعة ونسب المرض إلى الغذاء وإلى أسباب فيزيائية أخرى، بدلًا من عمل الآلهة. رغم أنَّ هذه الكتاباتِ كانتْ مجرد بداية إلا أن القدماء ظلوا ضائعين بخصوص تركيب الكائنات الحية. فاعتقدوا أنَّ كلَّ المادة مكونةٌ من أربعة عناصر: التراب والهواء والنار والماء. واعتقدوا بأنَّ الأجسام الحية مكونةٌ من أربعة أخلاط – الدم والبلغم والمرة الصفراء والمرة السوداء- وتنشأ كل الأمراض عن زيادة في أحد الأخلاط.

لقد كان أعظم البيولوجيين اليونانيين هو أيضاً أعظم فلاسفتهم: أرسطو. ولد أرسطو وأبقراط ما زال حيًّا، واعتقد أرسطو -بخلاف كلٍّ من قبله تقريبا- بأنَّ معرفةَ الطبيعة تتطلبُ رصْدًا منهجيا. ميز أرسطو عبر الفحص الدقيق كميةً مذهلةً من الترتيب ضمن العالم الحي، وتعد هذه

خطوة أولى هامة. جمع أرسطو الحيوانات ضمن فئتين عامتين –الحيوانات ذوات الدم، والحيوانات بلا دم– وهو ما يوافق بشكل قريب التصنيف الحديث إلى فقاريات ولافقاريات. ضمن الفقاريات ميز أصناف الثدييات والطيور والأسماك، كما وضع البرمائيات والزواحف في مجموعة واحدة والأفاعي في صنف منفصل. رغم أنَّ مشاهداته لم تكن مؤيدة بالأدوات، ظل كثير من تفكير أرسطو سليمًا بالرغم من المعرفة المكتسبة خلال آلاف السنين التالية لموته.

وجد عدةُ باحثين بيولوجيين فقط في الألفية التالية لأرسطو. كان (جالينوس) أحدهم، طبيب في القرن الثاني بعد الميلاد في روما. لاحظ جالينوس أنَّ المشاهدةَ الدقيقة لخارج الحيوانات والنباتات وداخلها (عبر التشريح)، رغم أنَّهُ ضروريٌّ، إلَّا أنَّهُ غيْرُ كافٍ لفهم البيولوجيا. حاول جالينوس مثلًا فهْمَ وظيفة الأعضاء الحيوانية، ورغم أنَّهُ عرف بأنَّ القلبَ يضخ الدم إلَّا أنَّهُ لم يستطعْ أن يخبرنا أنَّ الدم يدور ويعود إلى القلب بمجرد النظر فقط.

اعتقد جالينوس خطأً أنَّ الدم يضخ لتروية الأنسجة، وأنَّ الدمَ الجديدَ يصنع بشكل مستمر ويعاد تزويد القلب به، واستمر تعليم فكرته قرابة ١٥٠٠ سنة.

استمر ذلك الاعتقاد الخاطئ إلى أنْ قام رجلٌ إنجليزي في القرن السابع عشر (ويليام هارفي) بطرح نظرية تنصُّ على أنَّ الدمَ يتدفق باستمرار في اتجاه واحد صانعًا دائرةً كاملةً ويعود إلى القلب من جديد[1]. وحسب هارفي بأنَّه إذا ضخ القلب فقط أونصين من الدم بالضربة فإنَّهُ سيضخ بمعدل (٧٢ ضربة بالدقيقة) في ساعة واحدة ٥٤٠ باوند من الدم ثلث وزن الإنسان، بما أنَّ صنعَ هذه الكمية من الدم في وقت قصير جدًّا واضح الاستحالة، فإنَّ الدَّمَ يجب أنْ يعادَ استعماله. لقد كان تفكير هارفي المنطقي –بمساعدة الأرقام العربية التي مازالت جديدةً والتي جعلت الحساب سهلا– في تأيد نشاط غير مشاهد شيئاً غير مسبوق، إذ مهد بهذا للفكر البيولوجي الحديث.

ازدادتْ سرعةُ البحث العلمي في العصور الوسطى. والمثال المذكور عن أرسطو تبعه عدد متزايد من الطبيعيين (naturalists). وصفت العديد من النباتات من قبل علماء النبات (برونفيلس وبوك وفوشس وفاليري وسكوردوس). تطور التصوير العلمي عندما رسم (روندليت) الحياة الحيوانية بالتفصيل. نشر الموسوعيون مثل (كونراد جيسنر) أجزاءً ضخمةً تلخصُ كلَّ

[1] تنسب بعض المصادر سبق هذا الاكتشاف لأبي الحسن علاء الدين، المعروف بابن النفيس، ولم أتيقنه. (الشهري)

المعرفة البيولوجية. وسَّعَ (لينوس) عمل (أرسطو) في التصنيف بشكلٍ هائل فاخترع مجموعات الصنف والرتبة والجنس والنوع. أظهرت دراسات البيولوجية المقارنة العديد من التشابهات بين فروع الحياة المختلفة وبدأ نقاش فكرة السلف المشترك.

تقدمت البيولوجيا في القرنين السابع عشر والثامن عشر بدمج العلماء أمثلة أرسطو وهارفي للمشاهدة والاستدلال الذكي. لكن ما زال أشد الانتباه وأقوى استدلال قاصرين عن أخذك نحو تلك الأجزاءُ المهمة وغير المرئية. رغم أنَّ العينَ البشرية يمكنُها أنْ تميّزَ الأشياءَ الصغيرةَ بمقدار عشر الميلي متر، فإنَّ الكثيرَ من الأفعال في الحياة تحصل على مستوى متناهٍ في الصغر. فالبيولوجيا وصلت إلى هضبة (مرحلة مستقرة): فُتح صندوق أسود واحد –البنية الضخمة للكائن– ليكشف عن صندوق أسود آخر لمستويات أدق من الحياة. من أجل أنْ تتقدمَ البيولوجيا فإنَّها تحتاجُ سلسلة من الكشوفات التكنولوجية، وكان الاكتشاف الأول المجهر.

صناديق سوداء ضمن صناديق سوداء

عرفت العدسات في العصور القديمة، وبحلول القرن الخامس عشر عُرِفَ استعمالُها في النظارات. وفي القرن السابع عشر وضعت عدسة محدبة وعدسة مقعرة معًا في أنبوب لتشكيل المجهر الأولي الأول. واستعمل غاليليو إحدى أدواته الأولى وأدهشه اكتشاف العيون المركبة للحشرات. نظر (ستيلوتي Stelluti) إلى عيون النحل وسوسة الفاكهة ولسانها وعيونها وقرون استشعارها والأجزاء الأخرى. أكد (مالبيكي) دوران الدم عبر الشعريات ووصف التطور المبكر لقلب الدجاج الجنيني. فحص (نحميا) غرو النباتات. شرح (سوامينيام Swammeniam) ذبابة مايو، وكان (ليوفينهوك Leeuwenhoek) أولَ من نظر إلى خلية جرثومية ووصف (روبرت هوك) الخلايا في الفلين والأوراق –رغم أنه لم ينتبه لأهميتها–.

بدأ اكتشاف عالمٍ صغيرٍ جدًّا غير متوقع، وقلب الأفكار الراسخة عن ماهية الكائنات الحية. لاحظ (تشارلز سينجر) –مؤرخ للعلم– أنَّه "هكذا كان التعقيد اللانهائي للكائنات الحية مزعجًا فلسفيًّا كما كانتْ عظمةُ ترتيب العالم الفضائي الذي كشفه (جاليليو) للجيل السابق، لكن هذا التعقيد أخذ وقتًا أطولَ لكي تدخل مقتضياته إلى العقول البشرية". بمعنى آخر يتطلبُ اكتشاف بعض الصناديق الجديدة أنْ نراجعَ كل نظرياتنا السابقة. وفي مثل هذه الحالات قد يحدث نفور كبير.

طرح (ماتياس شلايدن وثيودور شفان) النظرية الخلوية للحياة في القرن التاسع عشر. عمل شلايدن بشكل أساسي على النسيج النباتي، وناقش الأهمية المركزية لبقعة داكنة –النواة– موجودة ضمن كل الخلايا. ركز شفان على النسيج الحيواني والذي كانت رؤية الخلايا فيه أصعب؛ لكنَّهُ فطن إلى أنَّ الحيواناتِ كانتْ مشابهةً للنباتات في بنيتها الخلوية. استنتج شفان بأنَّ الخلايا أوْ مفرزات الخلايا تؤلف الأجسام الكلية للحيوانات والنباتات، وأنَّ الخلايا بطريقةٍ ما وحداتٌ فرديةٌ لها حياتُها الخاصَّةُ بها. كتب بأنَّ "السؤال عن ماهية القوة الأساسية للأجسام المنظمة توضح بأنَّ جوابه: الخلايا الفردية"، كما أضاف شلايدن "فالسؤال الأساسي: ما هو أصلُ هذه المتعضية الصغيرة المدهشة –الخلية–؟"

عمل (شلايدن وشفان) في أوائل القرن التاسع عشر إلى وسطه –زمن رحلات داروين وكتابة (أصل الأنواع)– كانت الخلية بالنسبة لداروين إذاً كما كانت لكل عالِمٍ آخر في ذلك الوقت، صندوقًا أسودا؛ لكنَّهُ استطاع استنباطَ الكثيرِ من البيولوجيا فوق مستوى الخلية. فكرة أنَّ الحياة تطوَّرَتْ ليستْ مبتكرة من داروين لكنَّهُ ناقشها بشكل أكثر منهجية، وكانت نظرية كيفية عمل التطور –من خلال الاصطفاء الطبيعي العامل على الاختلاف– من ابتكاره.

في هذه الأثناء كان العمل على اكتشاف الصندوق الأسود الخلوي يجري على قدم وساق. البحث في الخلية دفع المجهر إلى أقصى حدوده المحدودة بطول موجة الضوء. لسبب فيزيائي لا يمكنُ لمجهرٍ أنْ يميزَ نقطتين أقربَ لبعضهما من نصف طول موجة الضوء الذي يضيئهما. بما أنَّ طولَ موجة الضوء المرئي عشر طول خلية جرثومية تقريبا، لمْ يكنْ بالإمكان رؤية العديد من التفاصيل الصغيرة والهامة لبنية الخلية بضوء مجهري، لم يكنْ بالإمكان فتح الصندوق الأسود للخلية دون تحسينات تقانية إضافية.

في أواخر القرن التاسع عشر ومع تقدم الفيزياء السريع، اكتشف (ج. ج. تومسون) الإلكترون تبعه اختراع المجهر الإلكتروني بعد عدة عقود. ولأنَّ طولَ موجة الإلكترون أقصرُ من طول موجَةِ الطول المرئي يمْكِنُ تمييزُ أشياءٍ أصغرَ بكثيرٍ إذا أُضيئتْ بالإلكترونات. للمجهر الإلكتروني عددٌ من الصعوبات العملية، أقلها ميل الحزمة الإلكترونية إلى حرق العينة. لكنْ تَمَّ إيجادُ طرقٍ لتخطي المشاكل واخترع المجهر الإلكتروني بعد الحرب العالمية الثانية. اكتُشفت بُنى دون خلوية (subcellular) جديدة: الثقوب المشاهدة في النواة، والأغشية المضاعفة

المكتشفة حول الميتوكوندريا –مصانع طاقة الخلية–. نفس الخلية التي بدتْ بسيطةً جدًّا تحت مجهر ضوئيّ ظهرت الآن مختلفةً جدا. نفس التساؤل الذي ظهر عند رؤية البنية المفصلة للحشْرات ظهر أيضًا لعلماء القرن العشرين عندما شاهدوا تعقيدات الخلية.

سمحَ هذا المستوى من الاكتشاف للبيولوجيين بالوصول إلى أعْظمِ صندوق أسود. السؤال عن كيفية عمل الحياة الذي لمْ يقدرْ داروين ولا معاصريه الإجابةَ عنه. فقد عرفوا بأنَّ العيونَ للرؤية؛ لكن كيفَ تتمُّ الرؤية بها بالضبط؟ كيف يتخثر الدم؟ كيف يحارب الجسم المرض؟ البنى المعقدة التي تم كشفها بالمجهر الإلكتروني كانت نفسها مكونة من مكونات أصغر. ما هي هذه المكونات؟ كيف تبدو؟ كيف تعمل؟ ستأخذنا الإجابة عن هذه الأسئلة إلى عالم البيولوجية وإلى الكيمياء. كما ستعيدنا إلى القرن التاسع عشر.

عالم الكيمياء

كما يرى أيُّ شخصٍ تظهرُ الأشياءُ الحيَّةُ مختلفةً عن الأشياء غير الحية. فهي تتصرَّفُ بشكْلٍ مختلف، كما تبدو بشكل مختلف أيضا: فيُمْكنُ تمييزُ الجلد والشعر بسهولة عن الصخور والرمال. معظم الأشخاص حتى القرن التاسع عشر اعتقدوا ببساطة بأنَّ الحياةَ مصنوعةٌ من نوع خاص من المادة، نوع مختلف عن المادة التي تشكل المواد غير الحية. لكن في عام ١٨٢٨م سخن (فريدريك فوهلر) سيانات الأمونيوم ودهش بتشكل اليوريا –النشادر– وهو منتج فضلات بيولوجي. اصطناع اليوريا من مادة غير حيَّة حطم التمييز السهل بين الحياة واللاحياة، وبدأ بعد ذلك عالم الكيمياء اللاعضوية (جاستس فون ليبيغ) دراسة كيمياء الحياة أوْ الكيمياء الحيوية. أثبت ليبيغ بأنَّ مصدرَ حرارة جسم الحيوانات ينتج عن حرق الطعام وليس لخاصة أساسية للحياة. صاغ من نجاحه فكرة الاستقلاب حيث يبني الجسم ويحطم المواد عبر عمليات كيميائية. بلور (إرنست هوبي سايلر) المادة الحمراء من الدم –الهيموغلوبين– وأثبت أنَّها ترتبط بالأكسجين من أجل حمل الأخير عبر الجسم. أثبت (إيميل فيشر) بأنَّ الصنفَ الأكبر من المواد المدعوة بروتينات تتركب من عشرين نوعًا فقط من اللبنات –تدعى أحْماضًا أمينية– موصولة ضمن سلاسل.

كيف تبدو البروتينات؟ رغم أنَّ (إيميل فيشر) أثبتَ بأنَّها مصنوعةٌ من الأحماض الأمينية إلَّا أنَّ تفاصيلَ بنْيتها كانتْ مجهولة. فقد جعلها حجْمُها في وضع أدنى من أنْ يصلَ إليها المجهر

الإلكتروني، لكنْ أصبحَ واضحًا أنَّ البروتينات كانتْ الآلات الأساسية للحياة، وهي التي تحفز كيمياء الخلية وتبني بنيتها. فصار من المطلوب إيجاد تقنية جديدة لدراسة بنية البروتين.

استعمل في بداية القرن العشرين التصوير البلوري بالأشعة السينية (x-ray crystallography) لتحديد بنى جزيئات صغيرة. تضمن التصوير البلوري توجيه حزمة من الأشعة السينية إلى بلورة لمادة كيميائية، تتبعثر الأشعة بعملية تدعى انكسار الأشعة. إذا وضع فلم تصويري خلف البلورة فيمكن عندها تحري الأشعة السينية المتبعثرة بفحص الفلم الذي تعرض لها، قد يدل نمط التبعثر -بعد تطبيق عمليات رياضية صعبة- على مكان توضع كل ذرة في الجزيئة. استخدام تقنية التصوير البلوري بالأشعة السينية مع البروتينات سيظهر لنا بنيتها، لكن هناك مشكلة كبيرة: كلما كانت الذرات أكثر في جزيئة ما ازدادت صعوبة العمليات الرياضية وكانت مهمة بلورة المادة الكيمائية أصعب في البداية، ونظراً لأن البروتينات تحتوي على ذراتٍ أكثر بعشرات المرات من الجزيئات المفحوصة نموذجيًا بالتصوير البلوري، فقد زاد ذلك في صعوبة المشكلة عشرات المرات؛ لكن بعض الأشخاص كان لديهم مثابرة أكثر من بقيتنا بعشرات الأضعاف.

في عام ١٩٥٨م وبعد عقود من العمل حدد (ج. س. كيندرو) بنية بروتين الميوغلوبين باستعمال علم البلوريات بالأشعة السينية، أخيراً أظهرتْ لنا تقنية البنية التفصيلية لواحدة من المكونات الأساسية للحياة. وماذا رأوا؟ مرة أخرى تعقيدًا أكبر. قبل تحديد بنية الميوغلوبين كان يعتقد بأنَّ البروتينات ستكون ذاتَ بنية بسيطة ومنتظمة مثل بلورات الملح، لكن عند مشاهدة البنية الملفوفة والمعقدة الشبيهة بالكرة للميوغلوبين تذمر (ماكس بيروتز) "هل يمكن أنْ يكونَ البحثُ عن الحقيقة النهائية يكشف حقًّا عن شيء فظيع جدًّا ويشبه الأحشاء؟" وترعرع الكيميائيون الحيويون منذ ذلك الحين على حبِّ تعقيدات البنية البروتينية. جعلت التحسينات في الحواسيب والمعدات الأخرى علم البلوريات أكثرَ سهولة اليوم مما كان عليه لكندرو رغم أنَّهُ مازال يتطلبُ جهدًا كبيرا.

بنتيجة عمل الأشعة السينية لكندرو على البروتينات وعمِل (واطسون وكريك) -الأكثر شهرة- على الدنا، عرف الكيميائيون الحيويون لأول مرة فعليًّا شكْلَ الجزيئات التي كانوا يعملون عليها. يمكن أنْ تؤرخ بداية الكيمياء الحيوية الحديثة -والتي تقدمت بسرعة كبيرة منذ

ذلك الحين- إلى ذلك الوقت. فاضت التقدمات في الفيزياء والكيمياء أيضًا وأنشأت تآزرًا قويًّا للبحث العلمي في الحياة.

رغْمَ أنَّ علْمَ البلوريات بالأشعة السينية يمْكِنُهُ نظريًّا تحديد بنية كل جزيئات الأشياء الحية، لكن المشاكل العملية حدت من استعماله لعدد صغيرٍ نسبيًّا من البروتينات والأحماض النووية، لكن أدخلت تقنيات جديدة لتكميل علم البلوريات ودعمه. تدعى إحدى التقنيات الهامة لتحديد البنية الطنين المغناطيسي النووي (NMR). مع الـ(NMR) يمكن أنْ تدرس جزيئة حين تكون في محلول ولا يجب أنْ يتمَّ بلورتها بصعوبة. مثل علم البلوريات بالأشعة السينية يمكنُ أنْ تحدد NMR البنية الدقيقة للبروتينات والأحماض النووية. كذلك مثل علم البلوريات، للـ(NMR) قيودها التي تجعلها مفيدةً فقط مع جزء من البروتينات المعروفة؛ لكن علمي البلوريات بالأشعة السينية والـ(NMR) كانا قادرين على إيجاد بنى بروتينات كافية لإعطاء العلماء فهمًا مفصلًا عما تبدو عليه.

عندما استعمل (Leeuwenhoek) مجهرًا لرؤية عثّةٍ صغيرةٍ جدًّا على برغوث صغير، ألهم ذلك (جوناثان سويفت) لكتابة قصيدةٍ قصيرةٍ تتنبأ بقافلة لانهائية من الحشرات الأصغر والأصغر: "وهكذا لاحظ عالم الطبيعة برغوثا لديه براغيث أصغر تقتات عليه، وهذه البراغيث أيضًا لديها حشرات أصغر تعضها، وهكذا نكمل باتجاه اللانهاية".

سويفت كان مخطئًا؛ الإكمال لا يستمر للأبد. في أواخر القرن العشرين نحن في طوفان من الأبحاث عن الحياة والنهاية في مجال الرؤية. الصندوق الأسود الأخير المتبقي كان الخلية، والذي فتح لكشف الجزيئات -أحجار أساس الطبيعة- ولا يمكننا الذهاب أسفل من ذلك. بل إنَّ العمل الذي تمَّ على الإنزيمات والبروتينات الأخرى والأحماض النووية وضح المبادئ عند العمل في المستوى الأساسي للحياة. بقيتْ العديد من التفاصيل بحاجة للملء، وبالتأكيد بقيتْ بعضُ المفاجئات؛ لكن بعكس العلماء الأوائل الذين نظروا إلى سمكة أو قلب أو خلية وتساءلوا ما هي وما الذي يجعلها تعمل، فإنَّ العلماءَ المعاصرين راضين عن أنَّ تأثيرات البروتينات والجزيئات الأخرى تعدُّ تفسيراتٍ كافيةٍ لأسس الحياة. من أرسطْو إلى الكيمياء الحيوية الحديثة، تمَّ تقشيرُ شريحةٍ بعد الأخرى حتى تمَّ فتْحُ الخلية (صندوق داروين الأسود).

قفزات صغيرة قفزات كبيرة

افترضْ خندقًا بعرض ٤ أقدام في حديقتك الخلفية، يستمر هذا الخندق إلى الأفق بالاتجاهين فاصلًا ملكيتك عن ملكية جارك. إذا التقيت به يومًا ما في حديقتك وسألته كيف وصل هنا، لن يكونَ لديك سببٌ لتشكَّ بجوابِ "قفزتُ فوْقَ الخندق". إذا كان الخندق بعرض ٨ أقدام وأعطاك نفس الجواب، ستكون مدهوشًا بقدرته الرياضية وتسأله أنْ يقزَ مجددًا لتشاهده. إذا رفض بدعوى التواء ركبته سيكون لديك شكوك لكنك لنْ تكونَ واثقًا إنْ كان ما يقوله مجرد فبركة. لكن إذا كان الخندق" واديًّا بعرض ١٠٠ قدم فلن تتردد ولو للحظة في تكذيب ادعائه بأنَّه قد قفز من فوق هذا الخندق.

لكن لنفترض أن جارك -شخص ذكي- أثبت صدق ادعاءاته، وقال أنه لم يعبر بقفزة واحدة، بل -كما يصف- يوجد عدد من التلال المنتشرة عبر الأخدود، لا تتعدى المسافة بين الواحدة والأخرى ١٠ أقدام، بمعنى أنه قفز من تلة بالكاد متباعدة عن الأخرى ليصل في النهاية إلى جانبك. وبنظرة عابرة تجاه هذا الخندق، تخبر جارك أنك لا ترى أية تلال! مجرد هوة واسعة تفصل الفناء الخاص بك عن بيته. يوافقك الرأي ولكنه يخبرك بأن الأمر استغرق منه سنوات وسنوات حتى يفعله. خلال تلك الفترة برزت التلال بَيْنَ الفَيْنَةِ والأُخرَى في الهوة واستطاع أن يمضي قدما بينما تظهر. وحال تركه للتلة، تنجرف وتتآكل بسرعة كبيرة وتتهاوى تمامًا إلي أسفل الأخدود. ورغم أن الشكوك تحوم حول صحة الأمر برمته، لكن ليس من السهل أن تثبت خطأ ما يقول، لذا؛ تغير الموضوع وتحدثه عن البيسبول.

تلك القصة القصيرة تخبرنا عدة دروس هامة، أولا: أن كلمة "قفزة" قدمت تفسيرًا لكيفية عبور المرء الحاجز، لكن قد يتراوح التفسير من كونه مقنع بشكل كامل إلى كونه غير كاف، اعتمادا علي التفاصيل -كمثل مدى اتساع نطاق الحاجز-. ثانيًا: يمكن أن تلق الرحلات الطويلة قبولا أكبر إذا تم ايضاحها علي انها سلسلة من القفزات الاقصر بدلا عن وثبة واحدة كبيرة. أما ثالثا: في غياب الأدلة على مثل هذه القفزات الصغيرة، يصعب جدًا إثبات صحة أو خطأ شخص يؤكد أن الصخور الموطوءة كانت موجودة في الماضي واختفت بمرور الزمن.

رمزية القفزات عبر الخنادق الضيقة مقابل الأخاديد، يمكن تطبيقها بالطبع على (نظرية التطور). لقد وُظِّفَ مصطلح (التطور) لتفسير التغيرات الدقيقة في الكائنات الحية فضلا عن

التغيرات الكبيرة. وغالبا ما تعطى لكليهما مسميات منفصلة. بشكل عام، يصف التطور الصغروي (Microevolution) التغيرات التي يمكن أن تحدث خلال قفزة أو عدة قفزات قليلة، بينما يصف التطور الكبروي (Macroevolution) التغيرات التي تتطلب قفزات كبيرة.

كان اقتراح داروين أن التغيرات الصغيرة نسبيا يمكنها أن تحدث أيضا في الطبيعة تقدما مفاهيميا كبيرا؛ وكان رصد مثل تلك التغيرات تأكيدا يثلج الصدر بشأن صحة حدسه. فقد لاحظ داروين أنواع متشابهة -لكن ليست متطابقة- من طيور الشراشير على جزر جالاباغوس (Galápagos Islands) وقدم تفسيرًا نظريًا مفاده أن تلك الأنواع تنحدر من سلف مشترك. لاحظ مؤخراً علماء من جامعة برنستُن (Princeton) أن متوسط حجم منقار أسراب طير الشرشور يتغير على مدى سنوات قليلة.[٣] وفي وقت سابق تبين أن مجموع أعداد العث داكنة اللون بالمقارنة مع العث فاتحة اللون قد تغيرت بفعل تغير البيئة من السخامية إلي النظيفة. وعلى نحو مماثل، فقد تعددت الطيور التي تم إدخالها لأمريكا الشمالية من قبل المستوطنين الأوروبيين إلى عدة مجموعات متمايزة. وفي العقود الأخيرة، أصبح من الممكن إدراك أدلة للتطور الصغروي علي المستوى الجزيئي. فمثلا، تلك الفيروسات التي تسبب مرض الإيدز تقوم بتحوير معاطفها بغية الإفلات من الجهاز المناعي للإنسان. كذلك تمكنت البكتيريا المسببة للأمراض من العودة على هيئة سلالات طورت من قدرتها على مقاومة المضادات الحيوية. وفي هذا الصدد، يمكن ضرب العديد من الأمثلة الأخرى كثيرة.

وبالمثْل فإنَّ الطيورَ التي أدخلتْ إلى أمريكا الشمالية عن طريق المستوطنين الأوروبيين تنوَّعَتْ إلى العديد من المجموعات المختلفة، أصبح بالإمكانِ في العقود الأخيرة الحصولُ على أدلة للتطور المجهري على الصعيد الجزيئي، على سبيل المثال تغيّر الفيروسات -كالفيروسات التي تسبب مرض الإيدز- من غلافها لكي تتجنبَ النظامَ المناعيَّ البشري، فالبكتيريا المسببةُ للإمراض تعودُ إلينا بسلالاتٍ جديدة تطورت قدرتُها المضادةُ للصادات الحيوية وبالإمكان ذِكْرُ العديد من الأمثلة.

نجحتْ نظريةُ داروين على نطاقٍ ضيّق؛ ولكن مَثلها الآن كمثل لاعبِ رياضيٍّ يُؤكّدُ أنَّ بمقدوره أنْ يقْفزَ فوْقَ حفرةٍ بطول أربعة أقدام؛ أما على مستوى التطورات الكبيرة - القفزات الكبيرة- فإنَّ هذه النظريةَ تثيرُ الشك. اتبع داروين كثيرٌ من الناس في افتراض إمكانية تقسيم التغيرات الكبيرة إلى خطوات صغيرة معقولة عبر فترات طويلة من الزمن. مع ذلك فلا يبدو أنَّ

الدليلَ المقنعَ الذي يدْعم هذا الموقفَ سيظهرُ قريبًا. رغم ذلك وكما هو الحال بالنسبة لقصة الجار عن هضبات متلاشية، فإنَّهُ من الصعب حتى الآن تخمين فيما إذا كانتْ هذه الخطواتُ الصغيرةُ المحيّرةُ المبهمةُ يمكن أنْ توجد.

مع قيام الكيمياء الحيوية الحديثة أصبح في مقدورنا النظرُ إلى أصغر مستويات الحياة. يمكننا الآن عملُ تقييمٍ مطلعٍ حوْلَ ما إذا كانتْ هذه الخطواتُ الصغيرةُ المزعومةُ والضروريةُ لإنشاء تغيراتٍ تطوريةٍ يمكنُ أنْ تكونَ صغيرةً حقًا في أي وقت. في هذا الكتاب سترى أنَّ الأوديةَ التي تفْصِلُ أشكالَ الحياةِ اليوميَّةِ لها نظائرُها من الأودية التي تفصل الأنظمةَ البيولوجيةَ على الصعيد المجهري. كما هو الحالُ بالنسبة للأنماط الكسرية في الرياضيات حيث تتكررُ الفكرةُ الرئيسيةُ حتى عندما ننظرُ إلى مقاييسَ أصغرَ فاصغر، فإنَّ الفجواتِ التي لا يمْكِنُ ردْمُها تحْدُثُ حتى على أصْغر مستويات الحياة.

سلسلة من الأعين

دفعت الكيمياءُ الحيويةُ بنظرية التطور إلى أقصى حدودها وتَمَّ ذلك بفتْحِ الصندوق الأسود الأعظم ألا وهو الخليَّة، والتي سمحَتْ لنا بإدراك طريقة عمل الحياة. إنَّهُ التعقيدُ المذهلُ للبُنَى العضوية تحت الخلوية الذي يجبرنا على طرح السؤال: كيف أمْكَنَ لكلٍّ هذا أنْ يتطور؟ ولكي نشعر بوطأة السؤال ونتذوق شيئاً مما هو مخبأ عنا، دعونا ننظرُ إلى إحدى الأمثلة عن الأنظمة البيوكيميائية. لا بُدَّ أنْ يكونَ التفسيرُ لهذا المنشأ مواكباً للعلم المعاصر. دعونا نرى كيْفَ تقدّمَ تفسيرُ العلم لوظيفة واحدة، ألا وهي الرؤية، منذ القرن التاسع عشر وبعدها فلنسأل كيف لذلك أنْ يؤثِّرَ على مهمتنا في تفسير أصلها.

في القرن التاسع عشر كان تركيبُ العيْن معروفًا بتفاصيله، حيثُ عرفَ العلماءُ أنَّ بؤبؤَ العين يعملُ كمصْراعٍ يسْمَحُ بدخول الضوء الكافي للرؤية أثناء وجود أشعة الشمس الباهرة أو ظلمة الليل الحالكة. تجمع عدسةُ العين هذا الضوء وتركزُهُ على شبكيَّةِ العين لتشكيل صورة واضحة، وتعطيها عضلاتُ العين إمكانيةَ التحرك بسرعة، قد تتسببُ الألوانُ المختلفةُ من الضوء والأطوال الموجية المختلفة في صورة غير واضحة إلَّا أنَّ عدسةَ العين تغيرُ من كثافة سطحها لتصحح هذا الانحراف اللوني. أبْهَرَتْ هذه الوسائلُ المعقدةُ كلَّ شخصٍ على دراية بها. كما علم علماء القرن التاسع عشر أنَّهُ إذا افْتقرَ شخْصٌ ما إلى إحدى سمات العين العديدة

المتكاملة فإنَّ النتيجةَ ستكونُ خسارةً فادحَةً في الرؤية أو العمى التام. وقد استنْتَجُوا أنَّ العينَ يمكنُها العملُ فقطْ إذا كانتْ العينُ سليمةً إلى حدٍّ ما.

علم تشارلز داروين بشأْنِ العيْنِ أيضًا وقد تعامل في كتابه (أصْلِ الأنْواع) مع العديد من الاعتراضات حوْلَ نظرية التطوُّر بواسطة الانتخاب الطبيعي. وناقش مشكلةَ العيْن في فقرة في كتابه معنونة بشكل مناسب بعنوان (أعضاء متقنةٌ جدًّا ومعقدة). في رأي داروين، التطوُّرَ لا يستطيعُ بناءَ عضْوٍ معقَّدٍ في خطوةٍ واحدةٍ أوْ بِضْعِ خطوات. فابتكاراتٌ جذريَّةٌ كالعيْن قد تتطلبُ أجيالًا من المتعضيات (Organisms) لتجميع التغييرات النافعة ببطء في عملية تدريجية.

أدرك داروين أنَّه إذا أمْكنَ لعضْوٍ واحدٍ معقَّدٍ كالعين أنْ يتشكلَ فجأةً في جيل واحد فإنَّ هذا سيكونُ بمثابَةِ المعجزة. ولسوء حظه تبين أنَّ التطوُّرَ التدريجيَّ للعيْن البشرية مستحيلٌ بطريقةٍ ما لوجود العديدِ من المظاهر المعقدَةِ التي بدَتْ غيرَ معتمدةٍ على بعضها البعض. ولكيْ تُصَدَّق نظرية التطوُّرِ بطريقةٍ ما كان على داروين أنْ يُقْنِعَ العامَّةَ بأنَّ الأعضاءَ المعقَّدَةَ يمْكِنُ أنْ تتشكلَ خطوةً بخطوة.

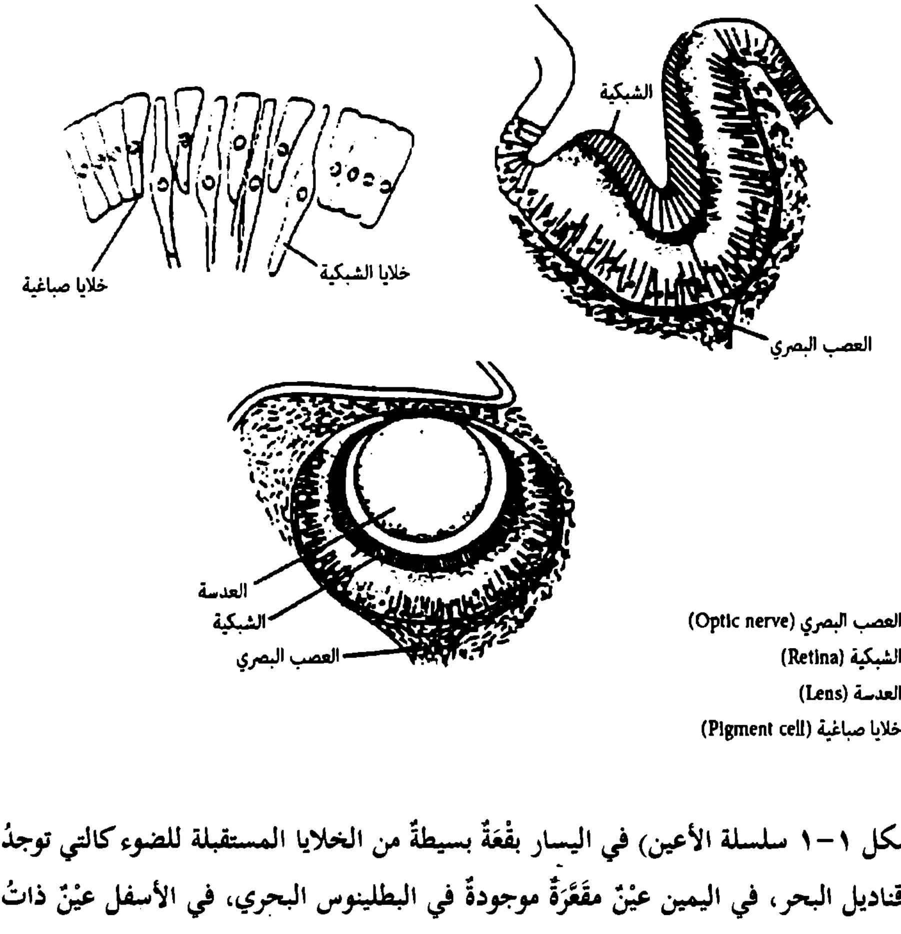
لقد نجح داروين ببراعة. وبذكاء منه لم يحاولْ أنْ يكتشفَ طريقًا حقيقيًّا من الممكن أنْ يكونَ التطوُّرُ قد سلَكَهُ ليشكّلَ عينا بل على العكس أشارَ إلى مختلف أنواع الأعين للحيوانات الحالية -المتراوحة من بسيطة إلى معقدة- واقترحَ بأنَّ تطوُّرَ عيْنِ الإنسان قد تكونُ استدعتْ أعضاءً مشابهةً كمراحل وسطية. (الشكل ١-١)

فيما يلي إعادة صياغة لحجة داروين:

على الرَّغْمِ منْ أنَّ البشرَ يمْتلكونَ أعْيُنًا معقَّدَةً تشبِهُ الكاميرا إلَّا أنَّ العديدَ من الحيوانات تتدبَّرُ أمورَها بما هو أقَلُّ من ذلك. بعضُ الكائنات الدقيقة تمتلكُ فقط مجموعةً بسيطةً من الخلايا الصباغية -ليس أكثر من مجرد بقعة حساسة للضوء-.

بالكاد يمكنُنَا القولُ: نَّ هذا المُكَوّنَ البسيطَ يمْكِنُهُ أنْ يمْنحَ الرؤيةَ إلَّا أنَّ بإمكانه الإحساسَ بالضوء والعتمة، وهي تلائمُ احتياجات الكائن. تكونُ الأعضاءُ الحساسةُ للضوء لبعض نجوم البحر معقدةً بطريقة ما. فأعينها واقعةٌ في منطقة منخفضة وبما أنَّ انحناءَ هذا الانخفاض يحجبُ الضوْءَ من بعض الجهات، فيستطيعُ الحيوانُ أنْ يسْتشْعرَ الجهةَ التي يأتي

منها الضوء، كما أنَّ إحساسَ العيْنِ بالاتجاه يتحسَّنُ كلما ازدادَتْ درجةُ الانحناء أكثرَ وأكثرَ إلَّا أنَّ زيادَةَ درجة الانحناء تقلِّلُ من كميَّةِ الضوْءِ الذي يدْخُلُ إلى العين وبالتالي تنخفضُ حساسيتها، ولزيادة الحساسية يمْكِنُ وضْعُ مادَّة هلامية في التجويف لتعملَ كعدسة وبعضُ الحيوانات الحالية لها أعْيُنٌ كهذه العدسات الأولية.



(الشكل ١-١ سلسلة الأعين) في اليسار بقْعَةٌ بسيطةٌ من الخلايا المستقبلة للضوء كالتي توجدُ في قناديل البحر، في اليمين عيْنٌ مقعَّرَةٌ موجودةٌ في البطلينوس البحري، في الأسفل عيْنٌ ذاتُ عدسة -من إحدى الحلزونات البحرية-.

مع التحسين التدريجيِّ يصْبِحُ بإمكان العدسة أنْ تُعْطي صورةً أكثرَ وضوحًا لتلائِمَ متطلبات بيئة الحيوان.

باسْتخْدامِ منطقٍ كهذا اسْتطاعَ داروين إقناعَ قرائه أنَّ أيَّ طريقٍ تطوُّريٍّ يمْكِنُهُ أنْ يؤدي من أبسط بقعة حساسةٍ للضوءِ إلى عين إنسان معقدة تشبه الكاميرا؛ لكنَّ السؤالَ حوْل كيف

حدثت الرؤية بقي مبهمًا آنذاك. أقنع داروين الكثيرَ من العالم أنَّ العيْنَ الحاليَّةَ تطوَّرَتْ تدريجيًّا من بنية أبسط؛ لكنَّهُ لم يحاولْ أنْ يشْرَحَ من أين أتَتْ نُقْطةُ بدايته -ما هو أصل البقعة الحساسة للضوء-؟ بل على العكس من ذلك صرفَ داروين الأنظارَ عن هذا السؤال حول المنشأ الأولي للعين: "من الصعب أنْ تكونَ معرفة كيف لعَصَبٍ أنْ يُصْبَحَ حساسًا للضوء أكثرَ أهميةً بالنسبة لنا من معرفة أصْلِ الحياة نفسها".[٤]

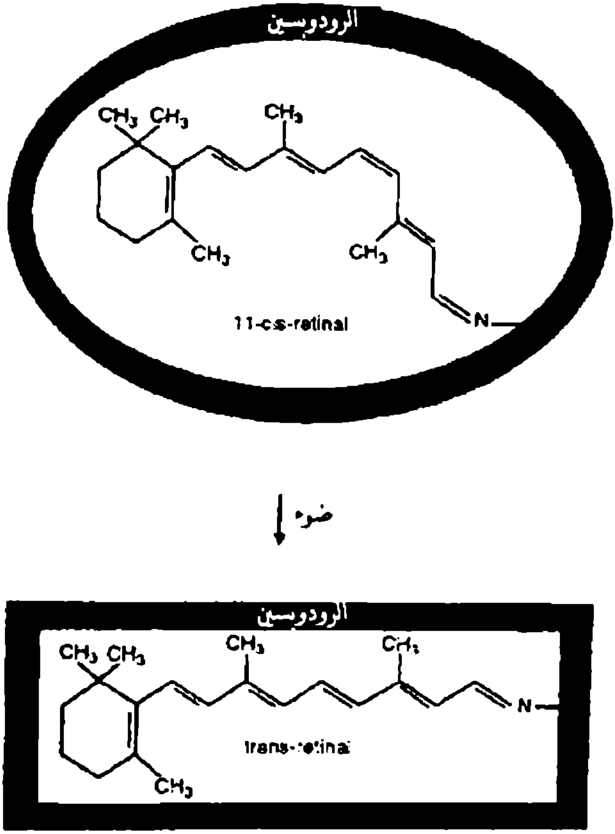
كان لديه سببٌ مقنعٌ لرفض هذا السؤال: لأنَّ هذا السؤالَ كان يفوقُ عِلْمَ القرن التاسع عشر. كيف تعملُ العيْنُ - أي ماذا يحدث عندما يصطدم فوتون ضوئي بشبكية العين-؟ ببساطةٍ لم يكُنْ بالإمكان الإجابةُ على هذا السؤال في ذلك الوقت. في الحقيقة لمْ يكنْ بالإمكان الإجابةُ عن أيِّ سؤال حوْلَ الآليات الأساسية للحياة في ذلك الوقت. كيف يمكن لعضلات الحيوان أنْ تسببَ الحركة؟ كيف يعمل التركيب الضوئي؟ كيف تستخرج الطاقة من الطعام؟ كيف يقاوم الجسم العدوى؟ لم يكن يعرفها أحد.

رؤيا الكيمياء الحيوية

بالنسبة لداروين كانت الرؤيةُ بمثابة صندوق أسود؛ لكنْ بعْدَ العمل الشاق والمتراكم لجهود الكثير من علماء الكيمياء الحيوية فإنَّنا الآن نقتربُ من أجوبة سؤال حاسة البصر، ستزودك الفقرات الخمسُ التالية برسمٍ كيميائيٍّ حيويٍّ عن طريقة عملية العين. ملاحظة: الفقرات التقنية مشار إليها بـ TMعند بداية ونهاية كل فقرة لا تحبط بسبب الأسماء الغريبة للمكونات فهي مجرد مسميات ليست أكثرَ إبهامًا من المكربن -الكاربرتور- أو بأكثر غرابة من دليل استعمال السيارة بالنسبة لشخص يقرأه لأول مرة.

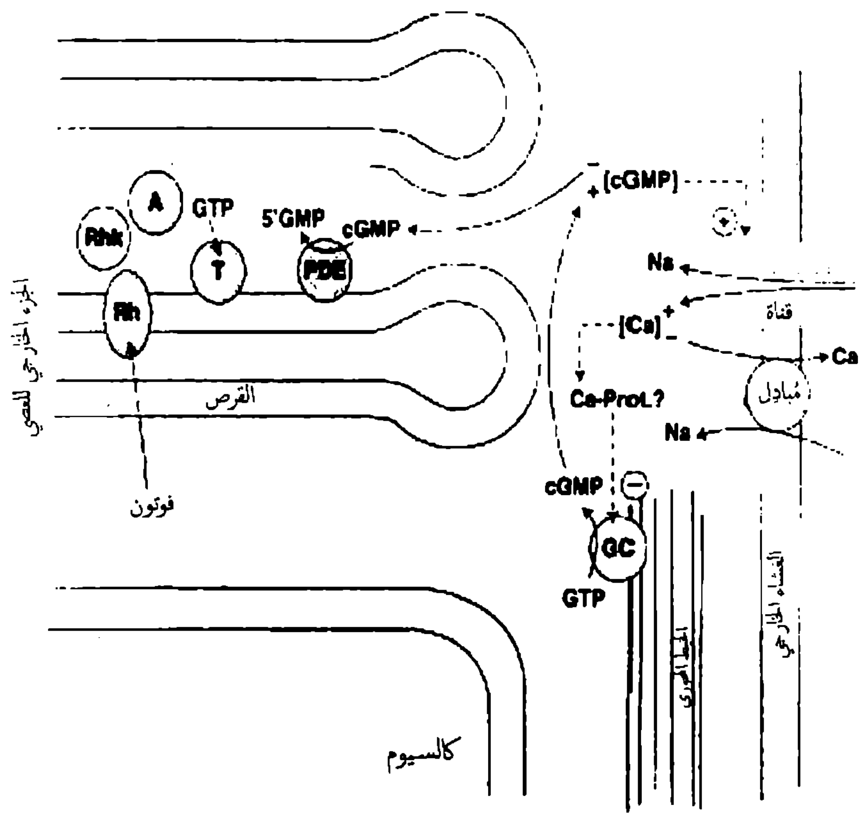
بالنسبة للقراء الذين لديهم شغفٌ بالمزيد من التفاصيل بإمكانهم إيجادُ الكثير من المعلومات في كتب الكيمياء الحيوية الدراسية، أمَّا الآخرون فربَّما يودون التقدم بسرعة أو أنْ ينتقلوا إلى (الشكل ١-٢ و١-٣) للخلاصة.

□ عندما يصطدمُ الضوءُ بالشبكية يتفاعل فوتون مع جزيء يدعى (١١-cis-retinal) الذي يُعادُ ترتيبه خلال بعض بيكوات الثانية إلى trans-retinal -البيكو ثانية هي تقريبًا الوقت الذي يستغرقه الضوءُ ليقطعَ مسافةَ شعْرَةٍ واحدةٍ من الإنسان-.



(الشكل ١–٢): أوَّلُ خطوةٍ في الرؤية. فوتون من الضوء يُسَبِّبُ تغيُّرًا في شكل جزيء عضويٍّ صغيرٍ مما يسبب تغيرًا في شكل بروتين أكبرَ حجمًا يدعى (الرودوبسين rhodopsin) المتصل به. الرسوماتُ الكرتونيةُ التي تجسم بروتين الرودوبسين غيرُ مطابقة للواقع.

إنَّ التغيُّرَ في شكل الجزيء الشبكي يجبر بروتين (الرودوبسين rhodopsin) على أنْ يُغيِّرَ شكلَهُ والذي يكون على ارتباطٍ وثيقٍ بشبكيَّة العين. إنَّ التحوُّلَ البنيويَّ للبروتين يغيِّرُ من سلوكه. لنَدْعهُ الآن (ميتارودوبسين إثنين metarhodopsin II)، يلتصق هذا البروتين ببروتين آخر يدعى (transducing)، قبل انقلابه إلى البروتين (metarhopsin II) ن الـ(transducing) على ارتباط وثيق بجزيء يدعى (GDP) ولكن عندما يتفاعل هذان البروتينان تزالُ جزيئة الـ(GDP) وترتبط جزيئةٌ أخرى تدعى (GTP) ببروتين (transducing)—جزيء GTP ذو صلة بجزيء GDP ولكنه مختلف عنه بشكل مهم—.



القرص (Disc) مُبادِل (Exchanger)
الغشاء الخارجي (Outer membrane) الخيط المحوري (Axoneme)

(الشكل ١–٣): الكيمياء الحيوية للإبصار.

Rh, rhodopsin; Rhk, rhodopsinkinase; A, arrestin; GC, guanylate cyclase; T, transducin ;PDE, phosphodiesterase.

يرتبط الآن المكون (GTP-trancducin-metarhodopsin II) ببروتين يدعى (phosphodiesterase) المتموضع في الغشاء الداخلي للخلية، وعندما يرتبط هذا البروتين مع بروتين (metarhodopsin II) ومكملاته فإنَّه يكْتَسِبُ القدرةَ الكيميائيَّةَ لفَصْلِ جزيء يدعى (cGMP) –وهو قريبٌ كيميائيٌّ للجزيئين GTP و GDP–. في البداية هناك العديدُ من جزيئات الـ(cGMP) في الخلية، لكن الـ(phosphodiesterase) ينْقِصُ من تركيزها، كما يُنْقِصُ سَحْبُ السَّدَّادة من مستوى المياه في حوض الاستحمام.

هنالك بروتين غشائيٌّ آخر يرتبط بـ(cGMP) يدعى القناة الشاردية، والتي تعملُ كبوابةٍ منظمةٍ لعددِ شوارد الصوديوم في الخلية. عادة ما تَسْمَحُ هذه القناةُ بتدفق شوراد الصوديوم إلى داخل الخلية وفي المقابل يقوم بروتين آخر بضخِّها إلى خارج الخلية مرَّةً أخرى بالقوة. يبْقي العملُ الثنائيُّ للقناة الأيونية والمضخة مستوى شوارد الصوديوم في الخلية ضمن نطاق ضيق. عندما تنقص كمية الـ(cGMP) بسبب حصول انْشطار محدث بواسطة الـ(phosphodiesterase) فإنَّ هذه القناةَ الشارديةَ تغلقُ مما يسبِّبُ نقصًا في التركيز الخلوي لشوراد الصوديوم ذات الشحنة الموجبة مسببةً اختلالًا في توازن الشحنات عبر غشاء الخلية والذي يسبب في النهاية تيارًا يُنقلُ عبر العصب البصري إلى الدماغ، وعندما يُفَسِّرُ المُخُّ الإشارةَ تكون النتيجةُ ما ندعوه بالإبصار.

لو كان هذا التفاعلُ المذكورُ في الأعلى فقطْ هو الوحيد الذي يعملُ في الخلية لاستنفذت ذخيرتها من شوارد الصوديوم والـ(Cgmp) والـ (١١–cis-retinal) بسرعة، فشيءٌ ما يجبُ عليه إيقافُ البروتين الذي يعْمَلُ ويعيدُ الخليَّةَ إلى حالتها الطبيعية وتقوم بهذه الوظيفة بضع آليات:

أولًا: في الظلام تقومُ القناةُ الشارديةُ –بالإضافة إلى شوارد الصوديوم– بالسماح للكالسيوم بالتدفق إلى داخل الخلية ومن ثَمَّ يضُخُّ خارجًا بواسطة بروتين آخر مما يحافظُ على تركيزٍ ثابتٍ للكالسيوم، عندما تهبطُ مستويات الـ cGMP مغلقةً بذلك القناة الشاردية، سينْخَفِضُ تركيزُ شوارد الكالسيوم أيضًا. ويتباطأُ أنزيم الـ(phosphodiesterase) الذي يخرِّبُ الـ(cGMP) عند انْخفاضِ تركيز الكالسيوم.

ثانيًا: يقومُ بروتين يدعى (guanylate cyclase) يقومُ بإعادة اصطناع الـ(cGMP) عندما تبدأُ مستوياتُ الكالسيوم بالانخفاض.

ثالثًا: فيما يتِمُّ كلُّ ذلك يكون بروتين الـ(metarhodopsin II) قد عدّل كيميائيًا بواسطة أنظيم يدعى (rhodopsin kinase)، ومن ثَمَّ يرْتبطُ الردوبسين المعدّلُ ببروتين آخر يدعى (Arrestin)، والذي يمْنَعُ الرودوبسين من تنشيط المزيد من الـ(Transducing). إذًا فالخليةُ تحتوي على آلياتٍ تحدُّ من الإشارة المضخمة التي بدأت بفوتون واحد.

في النهاية ينفصل (Trans-retinal) عن الرودوبسين ويجب إعادة تحويله إلى (١١–cis-retinal) وربطه مرَّةً أخرى بالرودودبسين لكيْ يعودَ إلى نقطة البداية من أجل دورة بصرية أخرى. ولإنجاز ذلك أولًا يعدل الـ Trans-retinal كيميائيًّا بواسطة أنظيم يدعى (trans-retinol) وهو عبارةٌ عن شكْلٍ يحتوي على ذرتيْ هيدروجين إضافيتين، ثُمَّ يقومُ إنْزيمٌ آخر بتحويل الجزيء إلى ١١–cis-retinol. في النهاية يقوم إنزيمٌ ثالثٌ بنزع ذرتي الهيدروجين المضافتيْن سابقًا لكيْ يتشكَّلَ ١١–cis-retinal وتكْتملُ الدورة.

إنَّ الشَّرْحَ السابقَ إنَّما هو مجردُ نظْرَةٍ عامَّةٍ سطحيَّةٍ للكيمياء الحيويَّةِ للرؤية، ففي نهاية المطاف وعلى الرغم من ذلك، هذا هو مستوى التفسيرِ الذي يجْدُرُ بعلْم الأحياء أنْ يسْعى نحوه.

لفهْم أيّة عمليَّةٍ جيِّدًا يجبُ فهْمُ كلّ خطوةٍ ذاتِ صلةٍ بالعملية فهماً جيدًا. إن الخطوات ذات الصلة في العمليَّةِ الحيويَّةِ تحدثُ في نهاية المطاف على الصعيد الجزيئي. لذا يجبُ على التفاسير المرضية للظواهرِ الحيويةِ كالإبصار والهضْمِ أو المناعةِ أنْ تتضمنَ تفسيرَها الجزيئي.

الآن وقد فُتِحَ الصندوقُ الأسودُ للرؤية لم يعدْ كافيًا للتفسير التطوري لتلك القوَّةِ (قوة الإبصار) أنْ تؤخذ البنى التشريحيَّةَ فقطْ لكامل العين في الاعتبار، كما فعلَ داروين في القرن التاسع عشر –وكما يستمر مُروِّجو التطوُّرِ بعملهم حتى اليوم–. إنَّ كلَّ الخطوات التشريحية والبنيوية التي اعتقد داروين أنَّها بسيطةٌ تتضمنُ في الواقع عملياتٍ بيوكيميائيةً معقدةً بشكلٍ مذهلٍ لا يمكنُ التحايل عليها بحيل لغوية.

لقد تبيَّنَ الآن أنَّ قفزات داروين المجازيةَ من تلَّةٍ لأخرى في العديد من الحالات ما هي إلَّا قفزاتٌ هائلةٌ بين آلاتٍ مصممةٍ بعناية –مسافات تتطلب استخدام حوَّامة هيلوكبتر لكي تقطعَ الرحلةَ الواحدة–.

ولذا فإنَّ الكيمياءَ الحيويةَ تشكِّلُ تحدِّيًا تافهًا لداروين. كما أنَّ علمَ التشريحِ أبسطُ منها بكثير وذلك بغضِّ النظرِ عن السؤال فيما إذا كان التطوُّرُ قدْ حصلَ على المستوى الجزيئي. فهل تمثلُ الأحفوراتُ سجلاً. لمْ يَعُدِ الأمرُ مهمًا بعد الآن فيما إذا كان هناك فجواتٌ كبيرةٌ في السجل الأحفوري أو فيما إذا كان السجلُ متعاقبًا كتعاقب رؤساء الولايات المتحدة. وإذا ما كان هناك فجواتٌ فلا يَهُمُّ الأمرُ إذا ما كان بالإمكان شرْحها بشكلٍ قابل للتصديق.[٦] فليس

لدى السجلّ الأحفوريّ شيءٌ يخبرنا به فيما إذا كان تفاعلُ (ll-cis) الشبكيُّ مع (الرودوبسين transducing ترانسديسين) و(الفوسفودي إستراز phosphodiesterase) يمكن أنْ يتطورَ خطوةً بخطوة. لا النماذج البيولوجيةُ المهمةُ تفعلُ ذلك ولا تلك البيولوجيا السكانيةُ ولا التفسيراتُ التقليديةُ المقدمةُ من نظرية التطوُّر حوْلَ الأعضاء البدائية أو غياب الأنواع. ونحن لا نقولُ بهذا لكيْ يُفْهَمَ منَّا أنَّ الطفراتِ ما هي إلَّا أسطورةٌ أو أنَّ الداروينية قد فشلتْ في شرْحِ أيِّ شيءٍ -فهي تشرحُ التطوَّرَ الصغيرَ بشكلٍ جميلٍ جدا-، أو أنَّ الظواهرَ واسعةَ النطاق كعلْمِ الجينات السكانيِّ لا تهمنا. لا فنحن معنيون بها، فحتى فترة قريبة ومع أنَّ علماءَ البيولوجيا التطوريين قد لا يكونون معنيينَ بالتفاصيل الجزيئيةِ للحياة لأنَّ المعلوماتِ حوْلها قليلةٌ جدًّا فقد تمَّ الآن فتْحُ الصندوقِ الأسودِ للخليَّة وعليْنا شرحُ هذا العالمِ متناهي الصِّغَرِ الذي نقِفُ اليوم أمامه.

الكالفنية CALVINISM

يبدو أنَّ خصائصَ العقل البشريِّ عندما تُبْصرُ صندوقًا أسودَ قيدَ العمَلِ فإنَّها تتخيَّلُ أنَّ محتوياتِه ستكونُ بسيطة. يمكنُنا رؤيةُ مثالٍ جميلٍ في أعْمِدَةِ القصص المصورة Calvin and Hobbes. دائما ما يقفز (Calvin) في صندوقٍ مع دُمْيَة النمر خاصته Hobbes ويسافران في الزمن، أو يحوِّلُ شكْلَهُ transmogrifying إلى أشكالٍ حيوانيةٍ، أو يسْتخْدمُها كنُسْخةٍ مضاعفَةٍ أو استنْساخ نفسه. إنَّ فتًى صغيرًا مثلَ Calvin يتخيَّلُ بسهولةٍ أنَّ الصندوقَ يمْكنُهُ الطيرانُ كطائرةٍ -أو شيءٍ ما- لأنَّ Calvin لا يعلمُ كيف تعْمَلُ الطائرة.

في بعض الحالات يميل العلماء الراشدون إلى الأماني مثلما مال الطفل الصغير Calvin. على سبيل المثال، منْذُ قرونٍ مضتْ كان هناك اعتقاد سائد أن الحشراتِ وباقي الحيوانات الصغيرة تظهرُ بشكلٍ مباشرٍ من بقايا الطعام الفاسد. وقد كان من السهولةِ بمكان أنْ تؤمنَ بذلك الاعتقادِ السائدِ حوْلَ تلك الكائناتُ ذاتُ التركيبِ البسيطِ جدًّا (ظنَّ علماءُ الطبيعة قبل اختراع المجْهَرِ أنَّ الحشراتِ لا تمْتَلِكُ أعضاءً داخليةً). ولكنْ مع تَقَدُّمِ علم البيولوجيا قامتْ التجاربُ الدقيقةُ بإظهار أنَّ الطعامَ المحميَّ لا تتكاثرُ فيه ضروب الحياةِ. إنَّ [illegible]تولدِ العفويِّ أرْجَعَتْ هذا الأمرَ إلى حدودٍ بعيدةٍ عمَّا قدْ يكْشفه العلمُ فعْلًا بشأنِ ما كان يحصل هنا. في القرن التاسع عشر كان المقصودُ بهذا هو الخلية. عندما نضع (الحليب، البيرة، البول) في عبواتٍ مغلقةٍ لعدَّةِ أيام، فحتى المغلقة بإحكام منها ستتعكر دائمًا لنموِّ شيءٍ فيها.

أظهرتْ مجاهرُ القرن التاسع عشر والثامن عشر أنَّ النُّموَّ كانَ صغيرًا جدا، وهي خلايا حيةٌ كما يبدو، ولذا بَدَا من المعقول أنَّ كائناتٍ بسيطةً يمكنها الظهورُ بشكلٍ عفويٍّ من السوائل.

لقد كان مفتاحُ إقناع الناس هو توصيف الخلية على أنها "بسيطة". إنَّ أحدَ المدافعين الأساسيين عن نظريَّةِ التوالد العفوي في منتصف القرْن التاسع عشر كان (Ernst Haeckel) المعجب الكبير بداروين والمُتلهِّفَ لنشر نظرية التطور. آمن Haeckel من النظرةِ المحدودة للخلايا التي يوفرها المجهر بأنَّ الخليةَ كانتْ "تكتلَ مزيجِ قطعِ صغيرةٍ بسيطةٍ من الكاربون الألبوميني"[7] والتي ليستْ بمختلفة كثيرًا عن قطع حلوى الجيلاتين المجهرية. لقد بدَا لـ(Haeckel) أنَّ هذا الشكلَ البسيطَ من الحياة لا يحْمِلُ مكوناتٍ في داخله ويمْكنُ أنْ ينْتَجَ ببساطةٍ عن موادٍ غيرِ حية. بالطَّبْعِ نحنُ الآن نعرفُ أكثرَ من ذلك.

هذه محاكاةٌ صغيرة: إنَّ تصوُّرَ داروين عن الإبصار بالنسبة لفهْمِنا هو كفهمِ (Haeckel) عن أصل الحياة. في كلا الحالتين حاوَلَ كلا العالميْن الشهيريْن من القرن التاسع عشر أنْ يشْرَحَا البيولوجيا الدقيقةَ التي كانتْ مخفيَّةً عنهما، وكلاهما قام بذلك من خلال الافتراض بأنَّ ما داخلَ الصندوق لابُدَّ أنْ يكونَ بسيطا. وقد أثبتَ الزَّمَنُ خطأَهما.

في النصف الأوَّلِ من القرن التاسع عشر لمْ تكنِ العديدُ من فروع البيولوجيا تتواصلُ فيما بينها.[8] وكنتيجة لذلك فقد طوَّرَ كلٌّ من (علم الجينات، الأجهزة، المستحاثات، التشريح المقارن، علم الجنين) وعلومٍ أخرى وجهةَ نظره حوْلَ معنى التطور. وعلى نحو لا مَفَرَّ منه بدأتْ نظريةُ التطوُّرِ بأخْذِ معانٍ مختلفةٍ طبْقًا للمبادئ المختلفة، ومِنْ ثَمَّ بدأتْ النظرةُ المتماسكةُ للتطور الدارويني بالضياع. مع ذلك، وفي منتصف القرن العشرين، نظَّمَ رُوَّادُ مجالاتٍ عدَّةٍ سلسلةَ لقاءاتٍ من مختلف الاختصاصات لكيْ يوحّدوا وجهاتِ نظرهم في نظريَّةٍ متماسكةٍ مؤسسة على مبادئِ التطور الدارويني. وقد أطلقوا على النتيجةُ التي خرجوا بها (التركيب/التأليف التطوري)[٢]، وسميت النظريةُ بـ (الداروينية الجديدة). وتُعَدُّ الداروينية الجديدةُ أساسَ الفكرة التطورية الحديثة.

إلا أن هناك فرْعٌ واحدٌ من العلوم لمْ يُدع لهذا اللقاء، ولسببٍ وجيهٍ، وهو أنَّه لم يكُنْ قد وُجِدَ بعد. إنَّ بدايةَ الكيمياء الحيوية الحديثة جاءتْ بعْدَ انطلاق الداروينية الجديدة بشكْلٍ

[٢] أي أن النظرية الجديد مؤلفة أو مركبة من النماذج التطورية الماضية طمعاً في ردم الفجوات التي كانت تفصلها عن بعض، وأملاً في تقليل مستوى التنافر بين التفسيرات المقدمة من نموذج لآخر. (الشهري)

رسميّ. وعليه فكما كان على البيولوجيا أنْ يُعادَ تفسيرها بعد اكتشاف تعقيد الحياة المجهرية، فكذلك يجب إعادةُ النَّظَرِ في الداروينية الجديدة في ضوْءِ التَّقَدُّمِ الحاصل في الكيمياء الحيوية. إنَّ جميعَ قواعد العمل العلمي التي كانتْ جزْءًا من طرْح التركيب التطوُّري غير جزيئية. لكنْ لكيْ تكونَ نظريةُ داروين حوْلَ التطوُّرِ صحيحةً فعليْها أنْ تستندَ إلى البنْيةِ الجزيئية للحياة. هدفُ هذا الكتابِ هو أنْ يُظْهِرَ عدَمَ اعتمادها على ذلك.

الفصل الثاني

العزقات والبراغي

السكان المحليون قلقون

لين مارجوليس (Lynn Margulis) أستاذةٌ جامعيةٌ شهيرةٌ في علم الأحياء في جامعة (ماساتشوستس Massachusetts) تتلقى احترامًا كبيرًا عن نظريتها المستحسنة بشكلٍ واسعٍ والتي تقول: إنَّ المُتَقَدِّرَات(الميتوكوندريا)مصدرَ الطاقة لخلايا النباتات والحيوانات كانتْ فيما مضى خلايا جرثوميةً مستقلة. كما تقول لين مارجوليس: "إنَّ التاريخَ سيحكمُ في النهاية على مذهب الداروينية الحديثة بأنَّه طائفةٌ دينيةٌ ثانويةٌ في القرن العشرين ضمْنَ المعتقد الديني المنتشر لعلم الأحياء الأنجلوساكسوني".[١] لقد طلبتْ في إحدى مناقشاتِها العامة العديدة من علماء الأحياء الجزيئية الموجودين بين الحضور أنْ يسمّوا مثالًا واحدًا لا الْتباسَ فيه عن تكوين أنواعٍ جديدةٍ بوساطةِ تراكُمِ الطفرات، ولكن لمْ يتِمَّ تلْبيةُ تحدّيها. تقول مارجوليس: إنَّ أنصارَ النظرية القياسية "مُتخبِّطون في تفسيرات داروين – المنفعة مقابل التكلفة، الرأسمالية، التنافسية في علم الحيوان– ومخطئون في فهمه". إن الداروينية الحديثة، والتي تصرّ على التراكم البطيء للطفرات في هَلَعٍ كامل.

إنَّها اقْتباساتٌ ثرية، وليستْ (مارجوليس) وحْدَها من وَقَفَ ضِدَّ الداروينية. فعلى مدار الـ١٣٠ عامًا المنصرمة من الداروينية –رغم كوْنِها محصنةً بإحكام– ظهر في وجْهِها تيارٌ ثابتٌ من المعارضات من داخل المجتمع العلْمي وخارجه على حد سواء. في الأربعينيات من القرن العشرين أصبح عالمُ الوراثة (ريتشارد جولدشميت Richard Goldschmidt) متحررًا من وهْمِ التفسيراتِ الداروينيةِ عن أصول البِنى الجديدةِ حيْثُ أُقْتِيدَ إلى اقْتراحِ نظرية (الوحش المفعم بالأمل hopeful monster). (يحتاج تعريف بالنظرية في الهامش) اعتقد جولدشميت بأنَّ التغيراتِ الكبيرةَ العرضيةَ مُمْكِنٌ أنْ تحْدُثَ عن طريقِ المُصادَفَةِ وحسْب –من المُمْكِنِ أنْ يضَعَ حيوانٌ زاحفٌ بيضةً ذاتَ مرةٍ –كما يقول– ويفْقِسُ منها طائر.

لمْ تنْتشرْ نظريةُ الوحْشِ المفعم بالأمل؛ ولكنَّ الاستياءَ من التفسيرات الداروينية لسجلِّ المستحاثات قد ظَهَرَ بعْدَ عِدَّةِ عقودٍ من الزمن. يصف عالم المستحاثات (نايلز ايلريدج Niles Eldredge) المشكلةَ[٢]قائلا: "لا عَجَبَ أنَّ علماءَ المستحاثات قد تَجَنَّبوا نظريةَ التطوُّر لفترةٍ طويلة فلا يبْدو أنَّها حَدَثَتْ مطلقا. ومن أجل تفسير التغيُّرات الهائلة التي حدثتْ في التاريخ التطوري يواجهُ المنقّبُ عن المستحاثات على المنحدرات تفاوتًا في النتائج –تذبذبات طفيفة،

وتراكمات للتغيرات العرضية الضئيلة جداً- طوال ملايين السنين في معدلٍ بطيءٍ جدا. عندما نرى بالفِعْلِ مقدمةَ حدَثٍ تطوريٍّ مستَجَدٌ فإنَّها تظْهَرُ عادةً كانْفجارٍ كبيرٍ وغالبًا من دون دليلٍ راسخٍ يُثْبِتُ تطوُّرَ المستحاثات في مكانٍ آخر، إنه لا يُمْكِنُ للتطوُّر أنْ يبْقى مستمرًا إلى الأبَدِ وفي مكانٍ ما. وحتى الآن يصْدِمُ السجلُّ الأحفوريُّ العديدَ من علماءِ المستحاثات البائسين الذين يبْحثون فيه عن شيءٍ ما ليتعلَّمُوهُ عن التطور.[٢]

وفي محاولةٍ للتخفيف من حجم المَأْزَق، اقْترحَ كلٌّ من (إيلدريدج Eldredge وستيفن جاي جولد Stephen Jay Gould) نظريةً في مطلع السبعينات من القرن العشرين تُدْعَي (التوازن النقطي punctuated equilibrium)[٣] حيث تفترضُ النظريةُ أمرين اثْنَين: أن معظمُ الأنواع خضعت لتغيراتٍ صغيرةٍ ملحوظةٍ ولمُدَّةٍ طويلة؛ وعندما يحْدُثُ ذلك بالفعل فإنَّ التغيرَ يكونُ سريعًا ومركزًا في جمهراتٍ صغيرةٍ معزولة، إنْ حدث ذلك سيكونُ من الصَّعْبِ إيجادُ المستحاثات الوسطيةِ التي تنْسَجِمُ مع سِجِلَّات المستحاثات الناقصة.

(الكلام هنا مستأنف فلابد أن يكون في فقرة مستقلة عن نص النظرية)كما هو الحالُ بالنسبة لـ(جولدشميت)، فإنَّ كلًّا من (إيلدريدج و جولد) يؤمِنان أيضًا بالسَّلَفِ المشترك ولكنْ يعْتقدان بضرورةِ وجودِ آليةٍ أُخرى غيرِ الانتقاءِ الطبيعيِّ لتفسر التغيرات السريعة واسعةِ النِّطاق.

كان جولد يتصدر المناقشات حوْلَ ظاهرةٍ فاتِنَةٍ أُخْرى: (الانْفجارُ الكامبري Cambrian explosion)، حيث أبْدتْ البُحُوثُ الدقيقةُ؛ مجرد معرفةً سطْحيَّةً عنْ مستحاثات المخلوقات متعددةِ الخلايا الموجودةِ في صخورٍ تعودُ لأكْثرِ من ٦٠٠ مليون سنة. ومع ذلك فقدْ شُوهِدَت وفْرَةٌ في مستحاثات الحيوانات في الصخور الأصْغرِ سنًّا بقليل، مع حشْدٍ مكوَّنٍ من أنْماطِ أجسامٍ واسعةِ الاختلاف.

مؤخرًا تَمَّ تصحيحُ الوقتِ المقدّرِ لحدوثِ الانفجار من ٥٠ مليون سنة هبوطًا إلى ١٠ ملايين سنة -وهو ما يشبه طرفة العين في المصطلحات الجيولوجية-. وقادَ هذا التقديرُ الأقْصَرُ للزَّمن كاتِبِي العناوين الرئيسية إلى كتابة عناوينَ رئيسيةٍ مبالغٍ فيها، وكان أفْضَلُها (الانفجار البيولوجي الكبير biological Big Bang).

حاولَ (جولد) أنْ يُبرْهِنَ على أنَّ المعدلَ السريعَ لظهور الأشْكالِ الحياتيةِ الجديدةِ يَتَطَلَّبُ آليةً غيرَ الانتقاءِ الطبيعي لتقومَ بتفسيرِ ذلك الظهور.[٤]

وبشكلٍ يدْعو للسُّخْرِيَة نجد أننا نعود إلى نقطةِ البدايةِ مُنْذُ عهْد داروين. عندما اقترح داروين نظريتَهُ للمرَّةِ الأولى كانتْ الصعوبةُ الكُبْرى هي العُمْرُ المقدّرُ للأرض. حيث اعتقدَ علماءُ الفيزياء في القرن التاسع عشر أنَّ عُمْرَ الأرض هو حوالي مئة مليون عامًا فقط، وعلى الرغم من ذلك فقدْ اعتقدَ داروين أنَّ الانتقاءَ الطبيعيَّ سوْفَ يتطلَّبُ وقتًا أكْبَرَ بكثيرٍ ليُنْتِجَ حياة.

في البداية أثْبَتَ أنَّهُ كان على صواب؛ ومن المعروف الآن أنَّ الأرضَ أقْدَمُ بكثير. ومن ناحيةٍ أخرى مع اكتشاف الانفجار البيولوجي الكبير فإنَّ النافذةَ الزمنيةَ لانْتقالِ الحياة من البساطة إلى التعقيد قُلِّصتْ بكثير من عمر الأرض الذي تَمَّ تقديرُهُ في القرن التاسع عشر.

بالرَّغْم منْ كلِّ المستائين فإنَّ الموضوعَ ليسَ عبارةً عن علماءِ مستحاثات يبحثونَ عنْ عظامٍ وحسْب. فمجموعةٌ كبيرةٌ من علماء الأحياء التطورية يتفحصون مجموعاتٍ كاملةً من المتعضيات متسائلين كيف يمكنُ للداروينية أنْ تعْتَمِدَ على مشاهداتهم.

يشْتكي عالما الأحياء البريطانيَّان (ماي وان هو Mae-Wan Ho و بيتر سوندرز Peter Saunders) كما يلي:

لقد مضى حتى الآن حواليْ نِصْفِ قرْنٍ مُنْذُ أنْ تمَّتْ صياغةُ الاصطناعِ الحديث للتطور الداروني. حيث تَمَّ إجراءُ مجموعةٍ كبيرةٍ من الأبحاثِ وَفْقَ النموذج الحرفيِّ الذي تقومُ بتعريفه. ورغم ذلك فإنَّ نجاحاتِ النظرية محصورةٌ بالتطوُّرِ الصغير –مثل التغيُّرِ التكيّفي في التلوّن عند العثّ–؛ بيْنما وبشكْلٍ ملحوظٍ ليسَ لديها سوى القليلِ لتقوله عن التساؤلات التي تُثِيُر اهتمامَنا بشكلٍ أكبر –على سبيل المثال– كيف تكوّنَ العثُّ من الأساس؟[٥]

أشارَ عالمُ الوراثة (جون ماكدونالد John McDonald) في جامعة (جورجيا) إلى اللُّغز التالي قائلا:

"لقد أوْصَلَتْنا نتائجُ أبحاثِ العشرينَ عامًا المنصرمةِ في أُسُسِ التكيُّف الوراثيةِ إلى التناقض الداروني الأعظم. لا يبدو أنَّ هذه(الجينات)والتي تتباينُ بشَكْلٍ واضحٍ ضِمْنَ الجمهرات الطبيعية سوف تكْذِبُ على المستوى القاعديِّ للتغيرات التكيّفية الرئيسية؛ بينما هذه الجيناتُ في الحقيقة ليست متباينةً كما يبدو جليًّا ضمن الجمهرات الطبيعية والتي يبدو أنَّها تُشَكِّلُ أُسُسَ العديد –إنْ لمْ يكُنْ معظم– التغيرات التكيّفية الرئيسية[٦](كما النبرة في الأصل)".

لقد حيَّرَنا عالمُ الجينات التطورية الأسترالي (جورج ميكلوس George Miklos) بالداروينية المليئة بالفوائد فقال:

"بماذا تتنبأُ إذًا هذه النظريةُ الشاملةُ في التطور؟ إذا ما أعطيت حفنة من المسلّمات –مثل طفرات عشوائية ومعدلات الانتقاء– فسوف تتنبأ بالتغيرات في تكرارية (الجينات) على مَرِّ الزَّمن. أهذا هو ما يُفْتَرَضُ أنْ تكونَ عليه النظريةُ الشاملةُ في التطور؟".[٧]

توصَّلَ (جيري كوين Jerry Coyne) من قِسْمِ عِلْمِ البيئة والتطور في جامعة (شيكاغو) إلى رأيٍ غَيْرِ متوقعٍ قائلا:

"نحنُ نسْتَنْتِجُ –بشكْلٍ غيرِ متوقع– أنَّ الأدلةَ الداعمةَ لوجْهَةِ نظرِ الداروينية الحديثة ضعيفةٌ جدًّا: إن أُسُسُها النظريةُ والأدلةُ التجريبيةُ التي تدْعَمُها ضعيفة.[٨]

وقد تفكّر عالمُ الوراثة في جامعة كاليفورنيا (جون إينتدليرJohn Endler) مليًّا في كيْفِيَّةِ ظهورِ الطفرات المفيدةِ قائلا:

"على الرَّغْمِ من معْرفَةِ الكثيرِ عن الطفرات ما يزالُ هنالك (صندوقٌ أسود) مرْتَبِطٌ بالتطوُّر في أغْلَبِ الأحيان. يبدو أنَّ الوظائفَ الكيميائيةَ الحيويةَ الجديدةَ غَيْرُ مألوفةٍ في التطور، كما أنَّ أُسُسَ نشوئها غيْرُ معروفةٍ نظريا.[٩]

وعلى مر السنين يتذمّر علماءُ الرياضياتِ من أنَّ أرقامَ النظريَّةِ الداروينيةِ لا يُمْكِنُ جمْعُها مع بعضها البعض، وقد جادلَ واضعُ نظرية المعلومات (هابيرت يوكي Hubert Yockey) بأنَّ المعلوماتِ المحتاجةَ لبدْءِ حياةٍ لا يُمْكِنُ أنْ تكونَ قَدْ تطوَّرَتْ عن طريق المصادفة – واقْتَرَحَ أنَّ الحياةَ تُعْتَبَرُ شيئًا موهوبا مثْل المادة والطاقة.[١٠]

في عام ١٩٦٦م، مُنِعَ علماءٌ رائدونَ في كلّ من الرياضياتِ وعلْمِ الأحياء التطوريِّ عن المُشاركةِ في نَدْوَةٍ في معهد ويستار (Wistar Institute) في (فيلادلفيا) لأنَّ المنظّمَ (مارتين كابلان Martin Kaplan) قد سَمِعَ مصادفةً نقاشًا غريبًا إلى حدٍّ ما بين أربع علماء رياضيات حول الشُّكوك الرياضيةِ فيما يتعلَّقُ بالنظريَّةِ الداروينة عن التطور.[١١] كان أحدُ الطَّرَفَيْنِ في النَّدْوَة غيرَ راضٍ والآخرُ غيْرَ فاهمٍ لما يجري، ادّعى عالمُ رياضيات بأنَّ عددَ الطفراتِ المحتاجةِ بشكْلٍ واضحٍ لكيْ تشكّل عينًا لمْ تمْتَلِكْ الوقتَ الكافيَ لذلك الغرض فأخْبَرَهُ علماءُ

الأحياء بأنَّ العدَدَ الذي يدَّعيهِ لابُدَّ من أنْ يكونَ خاطئا. رغم ذلك لمْ يقْتنِعْ علماءُ الرياضيات بأنَّ الخطأَ كانَ خطأَهم. كما قال أحدهم:

"هنالك فجوةٌ جديرةٌ بالاعْتبارِ في النظرية الداروينية الحديثةِ عن التطور ونعْتقدُ بأنَّ هذه الفجوةَ من طبيعةٍ لا يُمْكِنُ أنْ تلتقي مع المَعْرفةِ الحاليةِ لعِلْم الأحياء".[١٢]

أشارَ (ستيوارت كوفمان Stuart Kauffman) من معهد سانتا في (the Santa Fe Institute) وهو من قادة المؤيدين لـ(نظرية التعقيد complexity theory) ببساطة إلى أنَّ النظريةَ تقْترِحُ بأنَّ العديدَ من مظاهر الأنظمة الحيّةِ إنَّما هي نتيجةٌ للتَّنْظيمِ الذاتيِّ –المَيْل لدى الأنظمة المعقّدة إلى ترتيب أنفُسِها في أنماط– وليْسَ عبْرَ الانتقاء الطبيعي:

"ها هما داروين والتطوُّرُ يقفان أمامنا غيْرَ آبهيْن بغَمْغَمَةِ العلماء الخلقيين؛ ولكنْ هل هذا المشْهَدُ صحيح –أفضل– بل هل ذلك كافٍ؟ لا أعتقد ذلك. ليس الموضوعُ بكَوْنِ داروين مخطئًا ولكن بكوْنِهِ قدْ أمْسَكَ بجُزْءٍ واحدٍ فقطْ من الحقيقة.[١٣]

جذبتْ (نظريةُ التعقيد Complexity theory) حتى الآن بعضَ الأتباع ولكنَّها اجْتَذَبَتْ النَّقْدَ بشكْلٍ أكبر. اتهم (جون مينارد سميث John Maynard Smith) –والذي أقامَ (كوفمان Kauffman) دراساته العليا تحْتَ إشرافِهِ– أنَّ النظريةَ رياضيَّةٌ بحْتَةٌ وغيرُ متصلةٍ بكيمياءِ الحياةِ الواقعية.[١٤] على الرَّغم من أنَّ الاتِّهامَ في مَحَلِّهِ إلَّا أنَّ سميث لمْ يُقَدِّمْ حلًّا للمُعْضِلَةِ والتي عرَّفَها كوفمان على أنَّها أصلُ الأنْظِمَةِ المعقدة.

في الجملة فإنَّ نظريةَ داروين قدْ ولّدَتْ معارَضَةً مُنْذُ الوقت الذي نُشِرَتْ فيه ليس لأسبابٍ لاهوتية فحسْب. فقد عدَّدَ (سانت جورج ميفارت St. George Mivart) أحدُ نقّادِ داروين في عام ١٨٧١م، اعتراضاتِهِ على النظرية، ومن المُدْهِشِ أنَّ العديدَ منها مشابِهٌ للاعتراضات التي أثارها النقّادُ المعاصرون. حيْثُ يقول:

"يمْكِنُ جَمْعُ ما يُطرح ضِدَّ الداروينية بما يلي: أنَّ (الانتقاءَ الطبيعي) عاجزٌ وغيْرُ معتمدٍ عليه لتفْسيرِ ظهورِ المراحلَ الابْتدائيةِ للبُنَى المفيدة. فهذا لا يتناغمُ مع العيْشِ المشترك للبنى المتشابهةِ بشدَّةٍ ذواتِ الأصول المتنوعة. إنَّ هنالك دوافعَ للاعتقاد بأنَّ اختلافاتٍ معينةً ممكنٌ أنْ تكونَ قدْ تطوَّرَتْ فجْأَةً بدَلًا من أنْ تكونَ قدْ تطوَّرَتْ تدريجيا. إنَّ الاعتقادَ بأنَّ الأنواعَ لديها حدودٌ لقابليَّةِ التغيّرِ واضحةٌ ومع ذلك مختلفةٌ جدًّا يبقى اعتقادًا قابلًا للدعم. على الرَّغْمِ من أنَّ

أشكالًا انتقاليةً أحفوريةً محددةً لا تزالُ مفقودةً والتي رُبَّما تَمَّ التنبؤُ بوجودها. على الرَّغْمِ من وجودِ العديدِ من الظواهر الجديرةِ بالملاحظة في الأشْكالِ المتعضيَّةِ فلا نجد (الانتقاءَ الطبيعيُّ) يُسَلِّطُ عليها أيَّ ضوْءٍ على الإطلاق".(١٥)

يبدو أنَّ الجدالَ ذاتَهُ قد استمرَّ بعد ذلك دون حلٍ لأكثرِ من قرْنٍ من الزمن. بَدْءًا من (ميفارت Mivart) وصولًا إلى (مارجوليس Margulis)، هنالك دوْمًا علماءٌ محترمون جيِّدُو الاطِّلاعِ والذين وجدوا أنَّ الداروينيةَ غيْرَ وافية. كما يبدو فإنَّ الأسئلةَ التي أثارها ميفارت Mivart للمرة الأولى بَقِيَتْ دونَ أجوبةٍ أوْ أنَّها لمْ تُرْضِ بعضَ النّاس الذين تلقوها.

قَبْلَ المُضِيِّ قُدُمًا يجبُ أنْ نشيرَ إلى ما هو واضح: إنْ تَمَّ القيامُ باقْتراعٍ بيْنَ جميعِ العلماء في العالم فإنَّ الغالبيةَ العُظْمَى سوْفَ تقول بأنَّهم يعتقدون أنَّ الداروينيةَ صحيحة؛ ولكن العلماءَ كما هو الحال بالنسبة لأيِّ شخْصٍ آخرَ يُشَيِّدونَ مُعْظَمَ آرائهم على كلام الآخرين، بالنسبة للغالبيةِ العظمى الذين يقبلون الداروينية فإنَّ معظَمَهم -ومع هذا ليس جميعهم- قدْ قاموا بالفعل بِتشْييد آرائهم على الثقة. ولسوء الحظ أيضًا فغالبًا ما يَتِمُّ صرْفُ النَّظَرِ عن النَّقْدِ من قِبَلِ مجتمعِ العلماء خوفًا من إعطاء ذخيرة للمؤمنين بنظرية الخلق. إنَّه لشيءٌ ساخرٌ أنْ يُوضعَ النَّقْدُ العلميُّ اللّاذعُ حوْل الانتقاء الطبيعي جانبًا تحْتَ اسْمِ حمايةِ العلم.

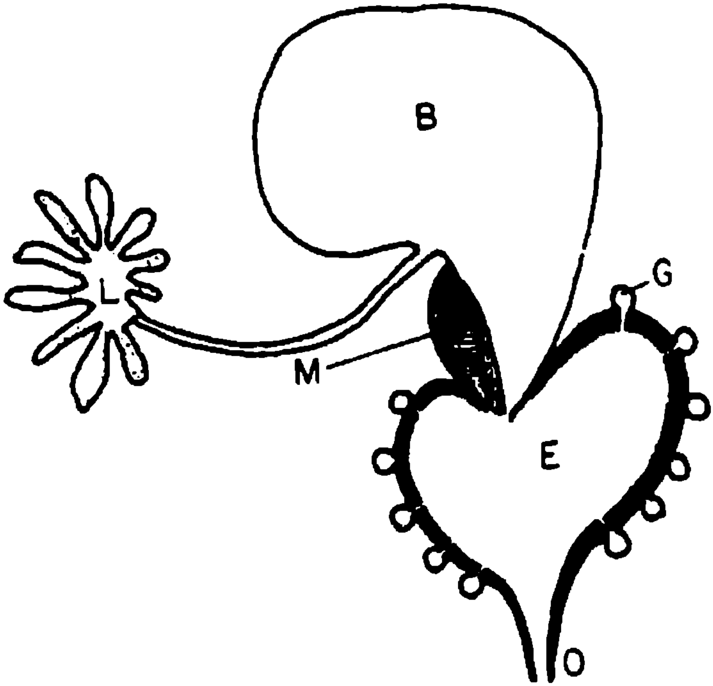
لقد حان الوقتُ لوضعِ ميْدانِ المناظرة على العَلَنِ والتَّغاضي عن مشاكلِ العلاقات العامة. إن وقْتُ المناظرة هو الآنَ لأنَّنا وأخيرًا قدْ وصَلْنا إلى عمْقٍ أوْ أساسِ علْمِ الأحياء وأصْبَحَ الحلُّ ممكنا.

اكْتشفْنا على أصْغرِ مسْتوياتِ علم الأحياء -الحياة الكيميائية للخلية- عالمًا معقدًا يغيِّر بشكْلٍ جذريٍّ الأُسُسَ التي يجبُ علَيْنا خوْضُ النزاعِ وَفْقَها في المناظرة الداروينية. على سبيل المثال مراعاة وجْهَةِ نَظَرِ الكيميائية الحيوية في مناظرة المؤمنين بنظرية الخلق/ الداروينيون حوْل الخنفساء المدفعية.

قنابل الخنفساء

الخنفساءُ المِدْفَعِيَّةُ هي عبارةٌ عنْ حشرةٍ ذاتِ مظْهَرٍ بسيطٍ يُقاربُ طولُها الواحدَ ونصْف بوصة. عندما تُهدّد من قِبَلِ حشرةٍ أخرى فإنَّ للخنفساءِ طريقةً خاصَّةً للدفاع عن نفْسِها وهي رش محلول ساخن مغليٍّ على العدُوِّ مِنْ ثُقْبٍ موجودٍ في القسم الخلفي للخنفساء،[١٦] يحرقُ السائلُ الساخنُ الحشرَةَ المستهدفةَ مِمَّا يغيِّرُ عادةً من الخطط المعدّة للعشاء؛ لكنْ كيف تُحاكُ هذه الحيلة؟

تبيَّنَ أنَّ الخنفساءَ المدفعيةَ تستخدمُ الكيمياء. فقبْلَ المعركةِ تصْنَعُ بُنًى متخصصةٌ تُدْعى (الفصوص الإفرازية) مزيجًا مركزًا جدًّا من مادَّتَيْن كيميائيَّتَيْن هما (بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون) (الشكل ٢-١). بيروكسيد الهيدروجين هو المادةُ ذاتُها التي نسْتطيعُ شراءَها من الصيدلية أمَّا الهيدروكينون فيستخْدمُ في التحميض الفوتوغرافي. يُرسِل المزيجُ إلى حجرة تخزين تُدعى الحويصلة الجامعة. تتصل الحويصلةُ الجامعةُ بحجرة ثانية ولكنها معزولة عنها عادةً تُدعى (حجرة القذف) حجرة التفجير. تبقى الحجرتان منفصلتان عن بعضيْهما بواسطةِ قناةٍ ذاتِ عضلة عاصرة شبيهة بالعضلات العاصرة التي يعْتمدُ عليها البشرُ في الحصر. وتتَّصِلُ بحجرة التفجير العديدُ من العُقَدِ الصغيرةِ –الكنب– تُدعى الغدد الأدمية الظاهرية، والتي تفرز إنزيمًا محفزًا إلى حجرة التفجير. عندما تشْعُرُ الخنفساءُ بالتهديد فإنَّها تعْتَصر العضلاتِ المحيطةَ بحجرة التخزين بينما وبشكل متزامن ترخي العضلة العاصرة. مما يُجْبرُ محلولَ بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون على دخول حجرة التفجير، حيث يمتزجُ المحلولُ مع الأنزيم المحفز. ستصبح الأمورُ الآن مثيرةً للاهتمام من الناحية الكيميائية. يتفكَّكُ بيروكسيد الهيدروجين بشكْلٍ سريعٍ إلى ماءٍ عاديٍّ وأكسجين كما هو الحال تمامًا بالنسبة لزجاجة بيروكسيد الهيدروجين التي تُباع في المتاجر والتي سوف تتفكك مع مرور الوقت إذا تُركتْ مفتوحة. يتفاعل الأكسجين مع الهيدروكينون مانحًا المزيدَ من الماء بالإضافة إلى مادة كيميائية مهيجة بشدة تُدعى كينون. تُحرر هذه التفاعلات كميةً كبيرةً من الحرارة ومن ثَمَّ ترْتفعُ درجةُ حرارة المحلول إلى نقطة الغليان وفي الواقع يتطايرُ جزءٌ منه على شكل بخار، يفرض كلٌّ من البخار وغاز الأكسجين ضغطًا كبيرًا على جدران حجرة التفجير. الآن وعِنْدَ إغلاقِ العضلة العاصرة تسْمحُ قناةٌ وحيدةٌ مؤديةٌ إلى خارج جسم الخنفساء للمزيج الغالي بالخروج. كما تسمح عضلاتٌ محيطةٌ بالقناة بتوجيه نافورةِ البخار على مصدر الخطر. وتكونُ النتيجةُ النهائيةُ هي إحراقُ عدُوِّ الخنفساء بوساطة محلولٍ بخاريٍّ من المادة الكيميائية السامة الكينون.



(الشكل ٢-١): الجهاز الدفاعي للخنفساء المدفعية: B) الحويصلة الجامعة، E) حجرة التفجير، G) الغدد الأديمية الظاهرية المفرزة للكاتالاز، L) الفصوص المفرزة، M) العضلة العاصرة، O) قناة التصريف. يتضمن (B) مزيجًا من الهيدروكينون وبيروكسيد الهيدروجين الذي يتفَجَّرُ بوساطة الكاتالاز عندما يمر إلى (E).

من المُمْكِنِ أنْ تتساءَلَ لماذا لم يتفاعلْ مزيجُ بيروكسيد الهيدروجين والكينون تفاعلًا تفجيريًّا عندما كانا في الحويصلة الجامعة. يعودُ السببُ إلى أنَّ الكثيرَ من التفاعلات الكيميائية تحْدُثُ ببطءٍ شديدٍ إذا لم يكنْ هنالك طريقةٌ سهلةٌ للجزيئات لتلتقي على المستوى الذري وإلَّا فإنَّ هذا الكتابَ كان ليشْتَعِلَ محترقًا لتفاعله مع الأكسجين الموجود في الهواء. كمحاكاةٍ افْترضْ وجودَ بابٍ مغلق مع عدمِ وجودِ طريقةٍ سهْلةٍ لالتقاء الناس -فلنقل: فتيان وفتيات مراهقون- من على جانبي الباب المتقابلين حتى وإنْ كانوا يرغبون بسرورٍ ذلك اللقاء؛ لكنْ إنْ امتلكَ شخْصٌ ما المفتاحَ فسيصبحُ بالإمكان فتحُ الباب وبالتالي يمْكنُ أنْ يَتِمَّ التعارُفُ بينهم بطريقةٍ مناسبة. يلعب الإنزيمُ المحفزُ -الكاتالاز- دورَ المفتاح سامحًا لبيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون أنْ يلتقيا على المستوى الذَّريّ بحيْثُ يمْكِنُ للتفاعل أنْ يحْدُث.

إنَّ الخنفساءَ المدفعيةَ مفضلةٌ لدى المؤمنين بنظرية الخلق. تمَّ نشْرُ كتابٌ قصصيٌّ للأطفال اسمه (bomby، الخنفساء المدفعية) للكاتبة هازل ماي رو Hazel May Rue من قبل المعهد التعليمي لأبحاث الخليقة Institute for Creation Research) سخروا من المؤمنين بمذهب التطوُّر عن طريق النظام الدفاعيّ اللافتِ للخنفساء، موجهين إليهم الدعوةَ ليفسروا كيف يمكنُ أنْ يكونَ قد تطوَّرَ تدريجيًّا.

تبنى (ريتشارد دوكينز Richard Dawkins) وهو أستاذ في علم الحيوان في جامعة (أكسفورد) ذلك التحدي. ويعدّ دوكينز Dawkins أفضلُ داعيةٍ معاصرٍ للنظرية الداروينية والذي تلقى كتبه –ومن ضمنها كتاب (صانع الساعات الأعمى) المليء بالنقد– القبول لدى العلمانيين، ومن المسلي جدًّا أنْ يطاحَ بها –ركلها–. يكتب دوكينز بعاطفة لأنَّهُ يُؤمنُ بأنَّ الداروينيةَ صحيحةٌ ويؤمنُ أيضًا بأنَّ الإلحادَ هو استنتاجٌ منطقيٌّ من الداروينية وبأنَّ العالمَ سوف يكونُ في حالٍ أفضلَ إنْ شاركَهُ ذلك الرأيَ مزيدٌ من الناس.

يحوّل دوكينز انتباهَهُ في (صانع الساعات الأعمى) بإيجاز إلى الخنفساء المدفعية مُسْتَشْهِدًا بدايةً منْ مقطعٍ من كتاب (رقبة الزرافة) وهو كتابٌ لكاتب علوم يدعى (فرانسيس هيتشينغ Francis Hitching) والذي يضعُ النظامَ الدفاعيَّ للخنفساء المدفعية كجزءٍ من مناظرةٍ ضِدَّ الدراوينية قائلا:

"ترش الخنفساءُ المدفعيَّةُ سائلًا مميتًا من الهيدروكينون وبيروكسيد الهيدروجين على وجْهِ عدوِّها، عندما تمْتَزِجُ هاتان المادَّتان الكيميائيتان مع بعضهما البعض تنْفجران حرفيا. لذا ولكيْ تختزنَهما داخلَ جسمها قامتْ الخنفساءُ المدفعيةُ بتطويرِ مادَّةٍ كيميائيةٍ مثبطةٍ لجعْلِهما غيرَ مؤذيين وفي اللحظة التي ترذّ فيها الخنفساءُ السائلَ من ذيْلِها إلى الخارج تُضاف مادَّةٌ مضادةٌ للمثبّط لجعل المزيجَ متفجرًا مرةً أخرى. إنَّ سلسلةَ الأحداث التي مِنْ المُمْكِنِ أنْ تكونَ قد أدّتْ إلى تطوُّرِ عملية في مثل هذا التعقيد –التناسق– والبراعة تتجاوزُ نطاقَ التفسيرات الحيوية المبنية وَفْقَ أساسِ الخطوة فخطوة البسيط. إنَّ أقلَّ تبدُّلٍ في التوازن الكيميائي سينْتجُ عنه مباشرةً سباقٌ لانفجار الخنافس". (١٧)

زودني زميلٌ مُختصٌ بالكيماء الحيوية بزجاجةِ بيروكسيد الهيدروجين وما يكفي من الهيدروكينون لـ(٥٠ خنفساء مدفعية). أنا على وشكِ أنْ أمْزِجَ الاثْنيْن معا. وفقًا لـ(هيتشينغ)فسوف ينفجران في وجهي. فلنبدأْ حسنًا مازلتُ هنا سكَبْتُ بيروكسيد الهيدوجين على الهيدروكينون ولمْ يحْدُثْ شيءٌ على الإطلاق، لم أشعرْ حتى بالحرارة. إنَّ العبارةَ (تنفجرُ هاتان المادتان الكيميائيتان حرفيًّا عندما مزجهما معا) خاطئةٌ ببساطةٍ تامةٍ على الرَّغْم من أنَّها تتكررُ عادةً على مدى كتابات المؤمنين بنظرية الخلق. وبالمناسبةِ إنْ كان لديْكَ فضولٌ تجاهَ الخنفساء المدفعيَّةِ فإنَّ ما يحدثُ فعليًّا هو كما يلي. من الصحيحِ أنَّها ترش مزيجًا ساخنًا حارقًا من بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون على أعدائها؛ ولكنْ لا يتفاعلُ بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون مع بعضهما بعنف إلَّا إذا أُضيفَ محفز وهذا هو ما تفْعَلُهُ الخنفساءُ المدفعية. بالنسبة لسَلف النظام التطوري فإنَّ كلاً من بيروكسيد الهيدروجين وأنواع مختلفة من الكينونات تُستخدم لأغراض أخرى في كيمياء الجسم. كان أسلافُ الخنفساء المدفعية –ببساطة– يضخُّون موادًا كيميائيةً مساعدةً مختلفةً والتي صودِفَ أنَّها متواجدةٌ في ذلك الحين وهكذا يعْمَلُ التطوُّر.[١٨]

بالرَّغْم من أنَّ دوكينز قد حصلَ على الأفضل في تلك المقايضةِ إلَّا أنَّهُ لمْ يُقَدِّمْ لا هو ولا المؤمنون بنظرية الخلق حجّةً مقنعة. يستند تفسيرُ دوكينز لتطوُّرِ النظام على حقيقةِ أنَّ عناصرَ النظام تصادف أنْ وجدت هناك وفي ذاك الحين وبالتالي من المُمْكنِ حصولُ التطور؛ ولكنَّهُ لم يفسّرْ كيف أصبحَ كلٌّ من بيروكسيد الهيدروجين والكينونات يفرزان معًا بتراكيزَ عاليةٍ جدًّا إلى حجرةٍ واحدةٍ والتي تتصلُ من خلال قناةٍ عاصرةٍ بحجرةٍ ثانيةٍ تحتوي على إنزيمات ضرورية للتفاعل السريع للمواد الكيميائية.

إنَّ السؤالَ الرئيسيَّ هو: كيف يمكنُ أنْ يتِمَّ إنتاجُ أنظمةٍ كيميائيةٍ حيويةٍ معقَّدَةٍ بشكْلٍ تدريجي؟ المشكلة مع المُنَاظَرَةِ السابقةِ هي أنَّ كِلَا الطرفيْن يتكلمان بمحاذاةِ أحدهما الآخر، لدى أحد الطرفين حقائقُ خاطئةٌ والطرفُ الآخرُ يصَحِّحُ الحقائقَ فحسْب؛ ولكنَّ واجبَ الداروينيين هو الإجابةُ عن سؤاليْن اثنين: أولًا ما هي مراحلُ تطوُّر الخنفساء بالضَّبْطِ بكل مجْدِها المعقد؟ ثانيًا عند معرفة هذه المراحل كيف تنْقلنا الداروينيَّةُ من مرْحلةٍ إلى التي تليها؟

لم يُعْطِنا دوكينز أيَّةَ تفاصيلِ حوْلَ كيفية تطوُّر الجهاز الدفاعي للخنفساء المدفعية. ولكيْ نلْفِتَ الانتباهَ إلى الإشكالية في مناظرته فلْنسْتخدمَ ما نعرفُهُ عن تشريح الخنفساء لبناء أفْضَلِ قضيةٍ ممكنةٍ عن تطوُّر الخنفساء المدفعية. يجبُ أنْ نشيرَ بدايةً إلى أنَّ وظيفةَ الجهاز الدفاعيِّ للخنفساء المدفعية هي طرْدُ المهاجمين. مكوناتُ النظامِ هي (١) بيروكسيد الهيدروجين والهيدروكينون والتي تُنتجُ بوساطة الفصوص الإفرازية، (٢) الإنزيماتُ المحفِّزةُ والتي تُصنعُ بوساطة الغدد الأديمية الظاهرية، (٣) الحويصلةُ الجامعة، (٤) العضلةُ العاصرة، (٥) حجرةُ التفجير، (٦) قناةُ التصريف. رغْمَ ذلك فليْستْ جميعُها ضروريةً لوظيفة النظام. الهيدروكينون بحدِّ ذاتِهِ مؤذٍ للحيوانات المفترسة. يُصنِّع عددٌ كبيرٌ من أنواع الخنافس الكينوناتِ والتي لا تفرزُ حتى ولكنَّها ذاتُ طعمٍ سيء. في البدْءِ يتِمُّ مضْغُ عدَدٍ من أفراد الخنافس ومن ثَمَّ تُبصق؛ ولكنْ يتعلمُ الحيوانُ المفترسُ أنْ يتجنَّبَ نظائرَها المؤذيةَ في المستقبل وهكذا فإنَّ الأنواعَ كَكُلٍّ تنْتَفِعُ من هذا الدفاع.

يمْتلِكُ الهيدروكينون لوَحْدِهِ إذًا وظيفةً دفاعيَّةً تعزى إلى النظام بأكمله؛ لكنْ هل يمْكنُ للمكونات الأخرى أنْ تُضافَ إلى نظامِ الخنفساء المدفعية بطريقةٍ ما بحيْثُ تتطوَّرُ الوظيفةُ بشكل مستمر؟ سيبدو أنَّ باستطاعَتِها ذلك. يمكنُنا تصوُّرُ أنَّ الخنفساءَ سوْفَ تنْتفعُ من تركيز الهيدروكينون في مساحةٍ حاجزةٍ مثل الحويصلة الجامعة ممَّا سيسْمَحُ للخنفساء بصُنْعِ كميةٍ كبيرةٍ من المادة الكيميائية المؤذية، وبهذا الفعل ستصبحُ غيْرَ مستساغةٍ للغاية من دون التَّسَبُبِ بأيَّةِ مشاكلَ داخلية. إنْ قامتْ الحويصلةُ الجامعةُ بشكل ما بتطوير قناةٍ إلى الخارج فإنَّ الهيدروكينون سيسْتَطيعُ أنْ يتسرَّبَ وربَّما يطْرُدُ المهاجمين قبْلَ أنْ يقوموا فعليًّا بأكْلِ الخنفساء. تمتلك العديدُ من الخنافس أجهزةً دفاعيةً تُدعى (الغُدَدُ الذَّيْليَّة) والتي تمتلكُ البنيةَ الأساسيَّةَ التالية: مساحة حاجزةِ بسيطة مع قناةٍ تؤدي إلى الخارج محاطةٍ غالبًا بعضلة للمساعدة على نفْثِ محتويات هذه المساحة. ويمْكِنُ أنْ يُحسّنَ ذلك عن طريق تطوير عضلة عاصرةٍ تمْنَعُ المحتوياتِ من التَّسرُّبِ إلى أنْ يحينَ الوقتُ المناسب.

من المؤكَّدِ أنَّ بيروكسيد الهيدروجين مهيّجٌ أيضًا ولذلك فمن المُمْكنِ للخنفساء أنْ تكونَ أكْثَرَ أمْنًا إنْ استطاعتْ أنْ تفرزَ كُلًّا من الهيدروكينون وبيروكسيد الهيدروجين حتى في درجات الحرارة المنخفضة لكي تزيدَ من التأثير المهيّج. تحمل جميعُ الخلايا تقريبًا إنزيمًا يُدعى (كاتالاز) والذي يُفَكِّكُ بيروكسيد الهيدروجين إلى ماءٍ وأكسجين مع إطلاق الحرارة. إنْ قامتْ

الخلايا المبطنةُ للسبيل المؤدي إلى الخارج بإفراز القليل جدًّا من الكاتالاز فسوف يتحللُ بعضُ بيروكسيد الهيدروجين أثناءَ القذف رافعًا درجةَ حرارة المحلول وبالتالي جاعلًا إياهُ أكثرَ تهييجا. تردّ أنواعُ الخنفساء المدفعية من استراليا(١٩) وبابو غينيا الجديدة(٢٠) محاليلًا تتراوحُ بدرجةِ حرارتها من الدافئة إلى الحارة؛ ولكنْ ليستْ بدرجة الغليان. إنْ أطلقت الخلايا المزيدَ من الكاتالاز فإنَّ المحلولَ سوف يصبحُ أكثرَ سخونةً في آخر الأمْرِ سوف يَتِمُّ الوصولُ إلى ما هو أمْثَلُ ما بين سخونة المحلول وتحمليّة قناة التصريف.

مع مرور الوقت يمكنُ لقناةِ التصريف أنْ تُصْبَحَ أكثرَ متانةً وأكثرَ تمددًا لتسمحَ لارتفاع درجة الحرارة بالوصول إلى درجة غليان المحلول. الإفراز التالي لإنزيمات البيروكسيداز إلى المزيج التحفيزي سيجْعَلُ من الجهاز مطابقًا تمامًا لذلك المصوّر في (الشكل ٢-١).

لدينا الآن سيناريو ملائمٌ للأدبيات التطورية؛ ولكنْ هل تَمَّ حقًّا تفسيرُ تطور الجهاز الدفاعي للخنفساء المدفعية؟ لسوء الحظِّ فإنَّ التفسيرَ هنا ليسَ أكْثَرَ تفصيلًا من رواية داروين في القرن التاسع عشر عن العين. على الرَّغْم من أنَّنا نبدو وكأنَّنا نمْتَلِكُ نظامًا متغيّرًا باستمرار لكنَّ المكوناتِ التي تضْبِطُ عمليّتَهُ ليستْ معروفة.على سبيل المثال فإنَّ الحويصلةَ الجامعةَ عبارةٌ عن بِنْيةٍ معقدةٍ متعددةِ الخلايا. ماذا تحتوي، لماذا تمتلكُ شكلًا خاصًّا بها؟ إنَّ قوْلَ: "سوف تنْتَفِعُ الخنفساءُ من تركيز الهيدروكينون في مساحةٍ حاجزة" يشبه قول: "ينتفع المجتمعُ من تركيز السلطة في حكومة مركزية" في كلا الحالتيْن فإنَّ كلًّا من نَمَطِ التركيزِ والوعاء الحاجز ليسا مفسَّرَيْن وسوف تعْتَمِدُ المنافعُ من كليْهما بحدَّةٍ على التفاصيل. إنَّ كلًّا من الحويصلة الجامعة والعضلة العاصرة وحجرة التفجير ومنفذ التصريف بُنًى معقّدَةٌ بحدِّ ذاتها مع الكثير من المكونات غير المعرّفة. علاوةً على ذلك فإنَّ العملياتِ الفعليةَ المسؤولةَ عن تطور المقدرة التفجيرية غير معروفة: ما الذي يتسببُ في كلّ من تطور حويصلة جامعةٍ أوْ أنْ يتمَّ إطراحُ بيروكسيد الهيدروجين أوْ أنْ تلتفَّ العضلةُ العاصرة؟

كُلُّ ما يمكِنُ أنْ نستنْتِجَهُ في هذه المرحلة هو إمكانيَّةُ حدوثِ التطور الدارويني. إنْ اسْتطعْنا أنْ نُحَلِّلَ التفاصيلَ البنيويَّةَ للخنفساء حتى آخر بروتين وإنزيمٍ وإنْ استطعنا أنْ نفسِّرَ جميعَ هذه التفاصيل بتفسيرٍ دارويني عنْدَها يمكِنُنا أنْ نتفِقَ مع دوكينز. أمَّا الآنَ فلا يُمْكِنُنا أنْ نقولَ: إنْ كانتْ ازْدِياداتُ الخطوة فخطوةٍ لتيَّارِنا التطوُّريِّ المفترضِ هي طفراتٌ مفردةٌ -وَثَبات- أمْ رحلاتٌ بطائرةِ هليكوبتر بين هضبات منعزلةٍ شديدةِ التحدُّرِ ومتباعدة.

المشاهدة خير برهان

فلنرجع إلى العينِ البشرية يتعاركُ دوكينز و هيتشينج أيضًا عند هذا العضوِ التقليديِّ المعقّد. صرّحَ هيتشينج في (رقبة الزرافة) أنّهُ من الواضح جدًّا بأنّهُ في حال فشَلَتْ أصْغَرُ الأشياءِ في المسار-لو كانت القرنيةُ ضبابيّةً أوْ إذا فشلتْ الحدقةُ في التمدُّدِ أوْ إذا أصبحتْ العدسةُ معتمةً أوْ إذا فشل التعديلُ البؤري- فلن يَتِمّ تشَكُّلُ صورةٍ قابلةٍ للتميز.

تعْمَلُ العيْنُ ككل أوْ لا تعملُ على الإطلاق. فكيف حدثَ إذًا أنْ تطورَّتْ عن طريق تحسنات داروينية صغيرة بطيئة -ثابتة- متناهية في الصغر؟ هل من المعقول حقًّا أنَّ آلافَ وآلافَ الطفرات حَسَنَةُ الحظ قد حدثتْ عن طريق المصادفة بحيْثُ أنَّ العدسةَ والقرنيةَ واللتين لا يمْكِنُ لأحدهما أنْ تعملَ دون الأخرى قد تطوَّرَتا بشكلٍ متزامن؟ ما هي القيمةُ المنجيةُ (مصطلح منجية يحتاج مراجعة) بالنسبةِ لعيْنٍ لا تستطيعُ أنْ ترى؟[٢١]

لم يضيِّعْ دوكينز الفرصةَ ممنونًا بأنَّ هيتشينج يتصرَّفُ دون حذرٍ مرَّةٍ أخرى قائلا:

"فلنأخذْ بعيْنِ الاعتبار القولَ التالي: "إنَّهُ إذا فشلتْ أصْغرُ الأشياء، إذا فشل التعديلُ البؤريُّ فلنْ يتِمَّ تشكيلُ صورةٍ قابلةٍ للإدراك"، لن تكونَ الاحتمالاتُ بعيدة عن ٥٠/٥٠ وذلك بأنّك تقرأُ هذه الكلماتِ من خلال عدساتٍ زجاجية. انْزعْهم وانْظرْ حوْلَكَ هل توافقُ الآن بأنَّهُ لن يتمَّ تشكيلُ صورةٍ قابلةٍ للتمييز؟ يصرح (هيتشينج) أيضًا: ولذا كان من الجليّ أنّه لا يمْكِنُ لكلٍّ من العدسة والقرنية أنْ تعْمَلَ إحداهما دون الأخرى منطلقًا من أيَّةِ سلطة؟ خضعتْ شخصيةٌ مقربةٌ لي إلى عملية ساد في كلتا عينيها. ليس لديها عدسات في عينيها على الإطلاق ومن دون العدسات فإنَّها لمْ تسْتطعْ أنْ تلعبَ التنسَ في المرج أوْ أنْ تسددَ بندقيةً؛ ولكنَّها أكّدتْ لي أنَّها في حالٍ أفضل بكثيرٍ لامتلاكها عينًا لا تحتوي عدسة على ألَّا تمْتلك عينًا على الإطلاق. يمْكِنُكَ أنْ تتبيَّنَ إنْ كنتَ على وشكِ المسير باتجاه حائطٍ أوْ باتجاه شخصٍ آخر. في حال كنت مخلوقًا بريًّا فبإمكانك على وجْه التأْكيدِ أنْ تستخدمَ عينَكَ التي لا تحتوي عدسة لتستبينَ الشكْلَ المرتسمَ لحيوانٍ مفترس والاتجاهَ الذي يقترب منه.[٢٢]

بعد مهاجمة هيتشينج Hitching -بالإضافة إلى العلماء ريتشارد جولدشميت Richard Goldschmidt و ستيفن جاي جولد Stephen Jay Gould- بخصوص قلقهم بما يتعلق

بتعقيد العين، واصل دوكينز بأنْ أعادَ صياغةَ مناظرة تشارلز داروين Charles Darwin عن معقولية تطور العين قائلا:

"تمتلك بعضُ الحيوانات وحيدةِ الخليَّةِ بقْعَةً حساسَةً للضوْء مع قليلٍ من الصباغ خلفها. يحجُبُها الحاجزُ عن الضوء القادم من جهة واحدة مما يعطيها فكرةً ما عن المكانِ الذي يأتي منهُ الضوء. في الحيوانات متعددة الخلايا تتوضَّعُ الخلايا الحساسةُ للضوء ذات الصباغ الخلفيِّ في كأسٍ صغيرة. وهذا يُعْطي مقدرةً أفضلَ بشكلٍ ضئيلٍ على إيجاد الاتجاه القادمِ منه الضوء؟. الآن إنْ صنعتَ كوبًا عميقًا جدًّا وقلبْتَ الطبقةَ تكون قد صنعت في النهاية كاميرا ذاتَ ثُقْبٍ لا تحتوي عدسة. عندما تملكُ كأسًا لتقومَ مقامَ العين، فتقريبًا أيُّ شبه عدسةٍ محدبةٍ شبه شفافةٍ أوْ حتى مادةٍ نصفِ شفافةٍ موضوعةٍ فوْقَ فتحتها سوف تشكِّلُ تحسنًا لأنَّها تشبه العدسةَ بشكلٍ طفيف.

ما إنْ وُجِدت عدسةٌ بدائيةٌ بسيطةٌ فسوف توجدُ سلسلةٌ متدرجةٌ مستمرةٌ من التطورات بأنْ تجعلَ منها أثخنَ وأكثرَ شفافيةً وأقلَّ اعْوجاجًا وأنْ تسعى إلى بلوغ الذروة فيما يمْكنُ أنْ نعرِّفَهُ جميعًا كعدسة حقيقية."[٢٣]

نحن مدعوون من قبل دوكينز وداروين لأنْ نؤمنَ بأنَّ تطوُّرَ العيْنِ قد تقدّمَ خطوةً فخطوة من خلال سلسلةٍ من المراحل المتوسطة المعقولة ظاهريًّا بتزايدات متناهية الصغر؛ ولكنْ هل هي متناهية الصغر؟ تذكر بأنَّ البقعةَ الحساسةَ للضوْءِ والتي اعتمدَها دوكينز كنقطةِ انطلاقٍ تتطلبُ شلالًا من العوامل متضمنةً (ريتينال-١١-مقرون 11-cis-retinal) و(رودوبسين rhodopsin) لتقوم بوظيفتها لم يقمْ دوكينز بذكرهم. ومن أين أتى الكوبُ الصغيرُ؟ إنَّ كرةً من الخلايا –والتي على الكوب أنْ يُصنع منها– سوف تميلُ لأنْ تكونَ دائريةً إلَّا إنْ تَمَّ إسنادُها من قِبَلِ دعامات جزيئية إلى الشكل الصحيح. في الحقيقة هنالك مجموعاتٌ من البروتينات المعقَّدَةِ تشاركُ في الحفاظ على شكْلِ الخلية، ومجموعاتٌ أكثرُ لتضبطَ البنْيَةَ الخلويةَ الخارجيةَ، في حال غيابهم سوف تتخذُ الخلايا شكْلَ فقاعاتِ صابونٍ كثيرة. هل تُمثّلُ هذه البُنَى، طفراتِ الخطوة الواحدة؟ لم يخبرْنا دوكينز كيفَ تكوّنَ شكْلُ الكوب البسيط ظاهريا. وعلى الرغم من أنَّهُ أكّدَ لنا ثانيةً بأنَّ أيَّةَ مادةٍ نصفِ شفافةٍ سوف تكونُ تحسنًا (ما يذكرنا بأن هيكل Haeckel اعتقد خاطئًا بسهولةِ إنتاجِ خلايا بما أنَّها بالتأكيد مجردُ كُتَلٍ بسيطةٍ)، لمْ يَتِمَّ إخبارُنا كمْ من الصعوبة إنتاجُ عدسة بسيطة. وبالمختصر فإنَّ تفسيرَ داوكينز يصلُ فقطْ إلى مرحلةِ ما يُسَمَّى بالتشريحِ العياني.

أخطأ كلٌّ من هيتشينغ و داوكينز في توجيه تركيزيهما. تتألف العينُ أو بالتأكيد معظمُ البِنى الحيوية الكبيرة من عددٍ من الأنظمة المنفصلة. إنَّ وظيفةَ الشبكية لوحْدِها هي إدراكُ الضوْء. ووظيفةُ العدسة هي أنْ تجمعَ الضوْءَ وتركزَه. في حال استخدمتْ عدسة مع شبكية فإنَّ عملَ الشبكيَّةِ سيتحسَّنُ؛ ولكنْ يمكنُ لكلٍّ من الشبكيَّةِ والعدسةِ أنْ يعملا بمفردهما وبشكلٍ مشابه فإنَّ العضلاتِ التي تساعدُ على تركيزِ العدسة أو تُحوِّلُ وظيفةَ العين إلى جهاز تركيز والتي يمكن أنْ تنطبقَ على عدَّةِ أنظمةٍ مختلفةٍ متعددة. لا يعْتمدُ الإحساسُ بالضوء بوساطة الشبكية عليهم. إنَّ أقنيةَ الدمع والأجفان أنظمةٌ معقدةٌ أيضًا ولكنَّها منفصلةٌ عن وظيفة الشبكية.

إنَّ جدليَّةَ هيتشينغ ضعيفةٌ وهشَّةٌ لأنَّهُ يتعاملُ بشكْلٍ خاطئٍ مع نظامٍ متكاملٍ من الأنظمة على أنَّهُ نظامٌ مفرد ولكنَّ دوكينز بيَّنَ بشكلٍ صحيحٍ انفصاليةَ هذه المكونات؛ لكنْ ومن ناحية أخرى فكل ما قام به دوكينز أنْ أضافَ أنظمةً معقدةً إلى أنظمةٍ معقدةٍ وقام بتسميةِ ذلك تفسيرا.

يمكنُ مقارنةُ ذلك بالإجابة عن السؤال كيف يُصنع نظام الستيريو؟ بالكلمات التالية: (بتوصيل مجموعةٍ من مكبرات الصوتِ إلى مضخّمٍ وإضافةِ مُشَغِّلِ إسطوانات –جهاز استقبال– وحاملِ أشرطة). فكلُّ ما يُمْكِنُ الاعتمادُ على الداروينية أنْ تقومَ به هو هل بإمكانها تجميعُ مكبرات الصوت والمضخمات أم لا.

التعقيد غير القابل للاختزال وطبيعة الطفرات

كان داروين وهو صاحبُ نظرية التطوُّرِ التدريجيِّ عن طريق آليةِ الانْتقاءِ الطبيعيِّ يعِي جيدًا العبءَ الثقيلَ على كاهلِ نظريته عندما قال:

"إذا كان من المُمْكِنِ إثباتُ وجود أيِّ عضوٍ معقَّدٍ والذي لا يُرجَّح أنْ يكونَ قد تكَّونَ عن طريق تعديلاتٍ عديدةٍ ومتواليةٍ وطفيفةٍ فسوف تنهارُ نظريتي انهيارًا كاملا"[24]

وبكل تأكيد فقد تمركزتْ معظمُ الشكوكِ العلمية في القرن الماضي بخصوصِ الداروينية حوْلَ هذا المطلب. انطلاقًا من مخاوف (ميفارت Mivart) بخصوص المراحل الأولية للبِنى الجديدة وصولًا إلى رفض (مارغوليس Margulis) للتطور التدريجي، يظنُّ نقّادُ داروين بأنَّ معيارَ فشَلِ نظريَّتِهِ والذي كان قدْ طرحَهُ هو بنفسهِ قد تحقق؛ ولكنْ كيف يمْكنُ لنا أنْ نكونَ

على ثِقَةٍ من ذلك؟ وأيّ نوعٍ من الأنظمة البيولوجية يمْكِنُهُ أنْ يتشكلَ بطريقةٍ مختلفةٍ عن التعديلات العديدةِ المتواليةِ والطفيفة؟

في البداية أوَدُّ إعطاءَ تعريفٍ للنظامِ غير القابل للاختزال: هو نظامٌ واحدٌ مكونٌ من أجزاء متعددةٍ مترابطةٍ بشكْلٍ جيِّدٍ متفاعلةٍ فيما بينها تساهمُ في الوظيفَةِ الأساسيَّةِ أينما أُزيلَ جزءٌ ما من الأجزاء فالنظامُ سوف يتوقفُ عن العمل. فأيُّ نظامٍ ذو تعقيدٍ غيرِ قابلٍ للاختزال لا يمْكنُ أن يُنتجَ مباشِرةً –أي عن طريق تطوير مستمر للوظيفة البدنية والتي تستمر بالعمل بالآلية ذاتها– عبرَ تعديلات طفيفة ومتواليةٍ لنظامٍ سالفٍ لأنَّ أيَّ سَلَفٍ لنظامٍ معقَّدٍ غيرِ قابلٍ للاختزال والذي ينْقصُهُ جزءٌ ما هو بالتعريف نظامٌ غيرُ صالحٍ للعمل. فأيُّ نظامٍ حيويٍّ معقَّدٍ تعقيدًا لا يقبل الاختزالَ –إنْ وُجد– سوف يشكِّلُ تحديًا حقيقيًّا لنظرية التطور الداروينية. فبما أنَّ الانْتقاءَ الطبيعيَّ لا ينتقي سوى الأنظمةِ التي تؤدي عملَها جيِّدًا حين انتقائها لذا إنْ كان النظامُ الحيويُّ لا يُمْكِنُ أنْ يكونَ قدْ تَمَّ إنتاجُهُ تدريجيًّا فهذا يدُلُّ على أنَّهُ كان قدْ ظهرَ كوحدةٍ متكاملةٍ في خطوة واحدةٍ حتى يستطيعَ الانْتقاءُ الطبيعيُّ أنْ يعْمَلَ عليه.

عند التحدثِ عن أيِّ نظامٍ ذي تعقيدٍ لا يقْبَلُ الاختزالَ –وكنتيجةٍ لا يمْكنُهُ أنْ يكونَ قد تمَّ إنتاجُهُ بشكلٍ مباشر– فلا يُمْكِنُ لأحدٍ استبعادُ إمكانية الطريق غيرِ المباشر والملتوي. على الرَّغْم من أنَّ تعقيدَ النظام المتفاعل يتزايدُ؛ فإنَّ الاحتماليةَ لطريقٍ غيرِ مباشرٍ كهذا تسقُطُ سريعا. وبما أنَّ عدَدَ الأنظمةِ الحيويةِ غيْرِ القابلة للاختزال وغيرِ المفسّرة في تزايد فإنَّ يقينَنا بتحققِ معيارِ الفشل الذي وضعه داروين يرْتَفِعُ إلى أقصى ما يمكنُ أنْ يسمحَ به العلم.

نظريًّا فإنَّهُ لمن المغري أنْ نَتَصَوَّرَ بأنَّ التعقيدَ غيرَ قابل للاختزال يتطلبُ بكلٍّ بساطةٍ عدةَ طفراتٍ متزامنةٍ. ذلك أنَّ التطورَ يمكنُ أنْ يكونَ تصادفيًّا إلى حدٍّ بعيدٍ أكثرَ مما نعتقدُ؛ ولكنَّهُ ممكنٌ على الرَّغْم من ذلك. حيْثُ لا يمكنُ دحْضُ اللجوءِ إلى الحظِّ بشكلٍ خالصٍ ومع ذلك فإنَّنا نجد أنفُسَنا أمامَ برهانٍ واهٍ. من الممكن أنْ يقولَ أحدُهم بأنَّ العالمَ قد أحضرَ للوجودِ البارحةَ مع كلِّ الخصائص التي يمْتلِكُها الآن عن طريق الحظ. إلَّا أنَّ الحظَّ هو استبصارٌ خارقٌ للطبيعة فالتفاسيرُ العلميةُ تستَحْضِرُ الأسباب والأغلبيةُ تعْترفُ بأنَّ هذه الأحداثَ الفجائيةَ لا تتطابقُ مع التدرُّجيَّةِ التي تخيَّلَها داروين. ويفسّر ريتشارد دوكينز هذه الإشكاليةَ جيّدا: "إنَّهُ من المُمْكِنُ جدًّا حسَبِ المفاهيمِ الواقعيةِ أنْ لا يكونَ التطوُّرَ دائمًا تدريجيًّا إلَّا أنَّهُ يجبُ أنْ يكونَ

تدريجيًّا عنْدما يسْتعملُ لتفسير ظهور أشياءٍ معقدةٍ والتي تبدو وكأنّها مصممةٌ مثل العيون على سبيل المثال، فإذا لمْ يكنْ تدريجيًّا في هذه الحالات فسوف يفْقدُ بشكل مطلقٍ أيّةَ قوّةٍ تفسيرية. بدون التدرج في هذه الحالات فإنّنا نعودُ للمعجزات، الأمر الذي يعتبرُ بكلٍّ بساطةٍ مرادفًا للغياب الكليّ لأيّ تفسير".[25]

السبَبُ في ذلك يستندُ إلى طبيعة الطفرات بشكْلٍ كبير

في الكيمياء الحيوية: الطفرة هي عبارةٌ عنْ تغيُّرٍ في الـ(DNA) ولكيْ يكونَ متوارثًا يجبُ أنْ يحدثَ هذا التغيرُ في DNA خليةً توالدية. تحدثُ الطفرةُ الأكثرُ بساطةٍ عندما يستبدلُ (نوكليوتيد) واحد في DNA لمخلوقٍ ما بنوكليوتيد آخرٍ مختلفٍ –النوكليوتيدات هي أحجارُ البناء للـ(DNA)–. وبدلًا من ذلك يمْكنُ أن يُضافَ نوكليوتيد أو أنْ يُهملَ عند استنساخ الـDNA خلال الانْقسام الخلوي. بالرَّغْم من أنَّهُ يتِمُّ أحيانًا حذْفُ أوْ مضاعفةُ قسْمٍ كاملٍ من الـDNA – آلاف أو ملايين من النيكليوتيدات– بشكْلٍ عَرَضي. هذه الظاهرةُ تُعْتبرُ كطفرةٍ واحدةٍ أيضًا لأنَّهُ يحْدثُ في لحظةٍ واحدةٍ كحَدَثٍ مفرد. عمومًا بإمكانِ طفْرةً واحدةٍ –في أفضل الحالات– إنتاجُ تغيّرٍ صغيرٍ في الكائنِ الحيِّ حتى وإنْ طبعَ في أذهانِنا كما لو أنَّهُ تغيرٌ كبير. على سبيل المثال: هناك طفرةٌ معروفةٌ. تسمى (أنتينابيديا Antennapedia) والتي يستطيعُ العلماءُ إنتاجَها في ذبابِ الفاكهةِ في المختبرات –لدى هذا المخلوق المسكين الذي تعرض للطفرة أرجلٌ تنمو من رأسِهِ بدلًا من قرون الاستشعار–. فبالرغم من كون ذلك يذْهِلُنا كتغيرٍ كبيرٍ فهو في الواقعِ ليس كذلك، فالأرْجلُ التي ظهرتْ في الرأس ليستْ بشيءٍ جديدٍ فهي ذاتُها الأرجُلُ النمطيةُ التي تمْتلكُها ذبابةُ الفاكهة إلّا أنّها ظهرتْ في مكانٍ مختلف.

ولعلَّهُ في هذه النقطةِ من المفيدِ الاعتمادُ على القياس التالي: لنأخذَ بعينِ الاعتبار لائحةً تحتوي على تعليماتٍ خطوةً فخطوة، على هذا النحو تكونُ الطفرةُ هي عبارةٌ عن تغيُّرٍ في سطْرٍ من أسْطرِ التعليمات فبدلًا من أنْ نقولَ: "اختر عزقةً قياس ١/٤ إنش" فالطفرة ممكن أنْ تقول: "اختر عزقة قياس ٣/٨ إنش" أوْ بدلًا من: "ضع السدادةَ المدورةَ في الفتحةِ المدورة" من المُمْكن أنْ نحصلَ على: "ضع السدادةَ المدورةَ في الفتحةِ المربعة" أوْ بدلًا من: "صِل المقعدَ إلى المكان العلوي من المحرك" من الممكن أنْ نحصلَ على: "صِل المقعدَ إلى المقود" –لكنْ يمكنُنا أنْ نحصلَ على هذا فقط إذا أمكنَ وصْلُ العزقات والبراغي بالمقود–. وما لا يمْكِنُ

للطفرةِ ألَّ تقومَ به هو تغييرُ جميعَ التعليمات في خطوةٍ واحدة -لنقل مثلًا: صناعة فاكس بدلًا من راديو-.

لذا وبالعوْدَةِ إلى الخنفساء المدفعيَّةِ والعيْنِ البشريَّةِ فإنَّنا نتساءَلُ ما إذا كانتْ التغيراتُ التشريحيَّةُ العديدةُ يمكنُ أنْ تُفَسرَ بواسطةِ عدَّة طفراتٍ صغيرة، والجواب المخيّب للآمال هو أنَّنا لا يمكننا معرفةُ ذلك. يحتوي كلٌّ من الجهاز الدفاعيِّ للخنفساء المدفعية وعيْنِ الفقاريات على العديدِ من المكوناتِ الجزيئيةِ -ما يقاربُ عشرات الآلاف من الأنواع المختلفة من الجزيئات- والتي يعدّ تعدادُها في لائحة حاليًا -والتأملُ في الطفراتِ التي من المُمْكنِ أنْ تكونَ قدْ أنتجتها- أمرًا غير ممكن. إنَّ الكثيرَ من العزقاتِ والبراغي -أجزاء المحرك، المقاود، وغيرها- لمْ يتمَّ تفسيرُهم. بالنسبة لنا فالنقاشُ بخصوص ما إذا كانَ التطوُّرُ الداروينيُّ قادرٌ على إنتاجِ مثلِ بنًى كبيرةٍ كهذه يشْبِهُ النقاشَ الذي كان يدورُ بين علماء القرن التاسع عشر حوْل ما إذا كانتْ الخليَّةُ قد ظهرتْ بشكلٍ تلقائيّ أمْ لا. تعتبرُ نقاشاتٌ كهذه عقيمةً بسببِ عدم معرفةِ كافةِ المكونات.

ومع ذلك فلا يجدرُ بنا إلغاءُ وجهةِ نظرنا حوْل هذا الأمر، في عصورٍ أخْرى لمْ يكُنْ من الممْكنِ الإجابةُ على العديدِ من الأسئلة التي أثارتْ اهتمامَهم. من ناحيةٍ أخرى فإنْ لمْ يكُنْ باستطاعتِنا حتى الآن أنْ نقيّمَ السؤالَ حوْلَ تطوُّرِ العيْنِ أوْ تطوُّر الخنفساء فإنَّ ذلك لا يعْني أنَّنا لا نستطيعُ أنْ نقيّمَ ادعاءاتِ الداروينية حوْلَ أيِّ بنْيةٍ حيوية. فعندما نهبطُ من مستوى حيوانٍ كاملٍ -مثل الخنفساء- أوْ عضوٍ كاملٍ -مثل العين- إلى المستوى الجزيئي عندها وفي عدَّةِ حالاتٍ نكونُ قادرينَ على صياغةِ حكْمٍ حوْلَ التطور لأنَّ جميعَ الأجزاء الخاصة بالعديد من الأنظمة الجزيئية منفردةً أصبحتْ معروفة. سوف نمرُّ خلالَ الفصول الخمْسةِ المقبلةِ على عددٍ من الأنْظمة المماثلة ونصدر حكمنا.

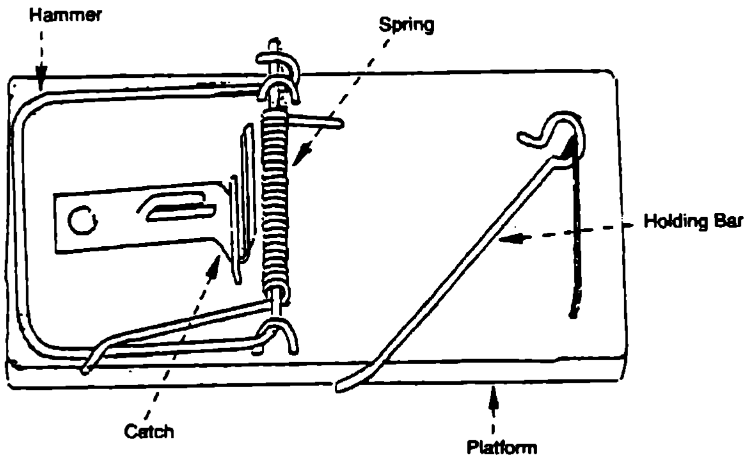
فلنعد الآنَ إلى فكرة التعقيد غير القابل للاختزال. في هذه المرحلةِ من النّقاشِ فإنَّ التعقيدَ غيرَ القابل للاختزال هو مجردُ مصطلحٍ والذي تكْمُنُ قوتُهُ غالبًا في تعريفه. فعلينا أنْ نتساءلَ: كيف يمكنُنَا أنْ نلاحظَ نظامًا معقدًا لا يقبلُ الاختزال. وعند معرفة طبيعة الطفرات متى نستطيعُ أنْ نكونَ على يقينٍ بأنَّ نظامًا حيويًّا ما هو نظام معقد لا يقبل الاختزال؟

الخطوةُ الأولى في تحديدِ التعقيد غيرِ القابلِ للاختزال هي تعيينُ كلّ من وظيفةِ النظام والأجزاءِ المكونةِ له كافة. فأيُ شيءٍ معقدٍ تعقيدًا لا يقْبل الاختزال سوف يكونُ مشكلًا من أجزاء متعددةٍ تساهمُ جميعُها في الوظيفة. ولتجنبِ المشاكلِ التي نصادفُها مع الأشياء مفرطةِ التعقيدِ -مثل العين والخنافس أوْ الأنظمة الحيوية متعددة الخلايا-. وسوف أبدأُ بمثالٍ ميكانيكيٍّ بسيط: مصيدة الفئران البسيطة.

وظيفةُ مصْيَدَة الفئرانِ هي تقييدُ حركةِ الفأْرِ بهَدَفِ منْعِهِ من القيامِ بأعْمالٍ غيرِ مستحبةٍ كمضْغِ وثَقْبِ أكْياسِ الطَّحين أوْ أسلاكِ الكهرباء أو ترْك فضلاتِهِ في عدَّةٍ أماكن من البيت. إنَّ مصيدةَ الفئران التي تسْتعْملُها عائلتي تتكوَّنُ من عدَّةِ أجزاء

(الشكل ٢-٢): (١)قاعدةُ خشبيةٌ مسطحة، (٢)مطرقةٌ معدنيةٌ والتي تتولّى فعليًا عمليَّةَ سَحْقِ الفأْرِ الصغير، (٣)نابضٌ ذو أطرافٍ ممتدة للضغط على القطعة الخشبية والمطرقة عندما تكون المصيدة ملقّمة، (٤)لاقطةٌ حسَّاسَةٌ والتي تَتَحَرَّرُ عنْدَ تطبيق أيِّ ضغطٍ ضئيلٍ عليها، (٥)وقضيبٍ معدنيّ يتَّصِلُ باللاقطةِ يمْسِكُ بالمطْرَقَةِ عندما يكونُ الفخُّ ملقّما -هنالك أيضًا أشياءٌ ضروريةٌ أخرى متنوِّعةٌ لربطِ أجزاء النظام مع بعضها البعض-.

الخطوةُ الثانيةُ في تحديدِ ما إذا كان النظامُ معقدًا تعقيدًا غيرَ قابلٍ للاختزال هو أنْ نتساءَلُ فيما إذا كانتْ جميعُ المكوناتِ مطلوبةً لأداءِ الوظيفة. في هذا المثال فإنَّ الجوابَ هو نعم وبشكلٍ واضح، تخيَّل أنَّكَ تقرأُ في ليلةٍ من الليالي فسمعتَ أصواتَ أقدامٍ صغيرةٍ في غرفةِ المؤنِ فذهبتَ إلى درجِ الأدوات لتتناول مصيدةِ الفئران -ولسوء الحظ- فلاحظتَ أنَّ المصيدةَ ينقُصُها جزءٌ من الأجزاء المذكورة أعلاه بسبب عيْبٍ في التصنيع. ما هو الجزءُ الناقصُ الذي يمْكِنُ أنْ يكونَ مفقودًا ورغْمَ ذلك ما تزالُ قادرًا على الإمساك بالفأر؟ إذا كانت القاعدةُ الخشبيَّةُ غيرَ موجودةٍ فلنْ يكونَ هنالك مكانٌ لتثبيتِ بقيَّةِ المكونات. إذا كانت المطرقةُ مفقودةً سيتمكنُ الفأْرُ من الرَّقْصِ طوال الليل على القاعدة الخشبية من دون أنْ يحشر عليها. وإذا لمْ يكنْ هنالك نابضٌ فلا المطرقةُ ولا القطعةُ الخشبيةُ سيكونان مشدودين بشكل محكمٍ ومرةً أخرى لنْ يُعترضَ سبيلَ الحيوان القارض. وإذا لم يكنْ هناك لاقطةٌ أو قضيبٌ معدنيٌّ ماسكٌ فالنابضُ سوف يُطبق المطرقة في اللحظة التي تتركها، ولاستعمالِ مصيدةٍ كهذه سوف يكونُ عليك أنْ تطاردَ الفئرانَ في أنحاء المنزل مُمْسكًا بالمصيدةِ وهْي مفتوحة.



(الشكل ٢-٢): مصيدة فئران المنزلية.

وحتى نشْعُرَ بالقوة الكاملةِ للاسْتِنْتاجِ بأنَّ النظامَ معقدٌ بشكلٍ غير قابلٍ للاختزال وأنَّهُ بالتالي ليسَ له أيُّ أسلافٍ وظيفية، فعلينا أنْ نميّزَ بين سَلَفٍ ماديٍّ وسَلَفٍ تخيّلي. فالمصيدةُ المذكورةُ أعلاهُ ليْسَت النظامَ الوحيدَ القادرَ على تجميدِ فأْرٍ بمَكَانِه -استعملت عائلتي في أوقاتٍ أخرى مصيدةَ الغراء- فعلى الأقلّ يمْكِنُ لأيٍّ كان -نظريًّا- أنْ يسْتعْمِلَ حتى مصيدةَ الصندوق المثبت بالعصا أو إطلاق رصاصة على الفأر بكل بساطة. فكلُّ هذا لا يُعْتَبَرُ سَلَفًا ماديًّا لمصيدة الفئران النمطية لأنَّ هذه الأدواتِ غيرُ قادرةٍ على التحوُّلِ إلى مصيدةٍ ذات (قاعدةٍ ومطرقةٍ ونابضٍ ولاقطةٍ وقضيبٍ ماسكٍ) خطوةً فخطوة بأسلوب الداروينية.

لتوضيح الفكرةِ لنأخذ بعيْنِ الاعْتبار هذا التسلسل: (لوح تزلُّجٍ، ولعبة عربة، ودراجة هوائية ودراجة نارية، وسيارة، وطائرة وطائرة نفّاثة، ومكوك فضائي) يبدو وكأنَّهُ توالٍ طبيعي. أولًا لأنَّه عبارةٌ عن لائحةٍ من الوسائل التي تصْلُح للتنقل، وثانيًا لأنَّ هذه الوسائلَ متسلسلةٌ وَفقَ ترتيبِ التعقيد فمن المُمْكنِ أنْ تكونَ من الناحية التخيّلية متصلةً ومتداخلةً فيما بيْنها في متسلسلة واحدة؛ ولكنْ فلنقل: هل من الممكن أنْ تكونَ الدراجةُ الهوائيةُ سَلَفًا فيزيائيًا -وربما داروينيًّا- للدراجة النارية؟ لا، إنَّها سَلَفٌ تخيّليٌّ وحسب. لا يوجد دراجة نارية في التاريخ، ولا حتى الدراجة النارية الأولى في التاريخ، قد تم صنعها ببساطة عبر تعديل الدراجة الهوائية بنمط تدرّجي. ممكنٌ أنْ تكونَ القضيةُ ببساطة أنْ يأخذَ مراهقٌ ما في ظهيرةِ أحدِ أيّامِ السبت دراجةً هوائيةً قديمةً ومجزَّ عشْبٍ قديمٍ وبعضَ قِطَعِ الغيار وبمجهود بضع ساعات. يصنعُ لنفسِهِ دراجةً

ناريَّةً قادرةً على الأداء بوظيفتها. غيرَ أنَّ هذا لا يُظهِر سوى أنَّ البشرَ قادرين على صناعةِ أنظمَةٍ ذات تعقيد لا يقبل الاختزال، وهذا ما نعرفه مسبقًا على كل حال. حتى يكون سَلَفًا بالمنْطق الدارويني فعلينا أنْ نُظهِرَ أنَّ الدراجةَ الناريَّةَ يمْكِنُ أنْ تصنع من (تعديلات عديدة، متوالية، وطفيفة) انطلاقًا من الدراجة الهوائية.

إذًا دعونا نحاولُ أنَّ نطوِّرَ دراجةً هوائيةً إلى دراجة نارية عن طريقِ التراكُمِ التدريجيِّ للطفرات. افترضوا أنَّ معْمَلًا ما يصنع الدراجاتِ الهوائية؛ ولكنْ حدثَ عرضيًّا خطأٌ ما في التصنيع. ولنفترض علاوةً على ذلك أنه في حالِ أدَّى ذلك الخطأُ إلى تحسّنٍ في الدراجة الهوائية فإنَّ أصدقاءَ وجيرانَ المشتري المحظوظ سيقومون بطلَبِ دراجاتٍ مشابهةٍ وسيقوم المصْنَعُ بتجهيز نفسه ثانيةً لجعْلِ الطفْرَةِ خاصيَّةً دائمة. لذا وبشكل مشابهٍ للطفرات الحيوية فالطفرات الميكانيكية الناجحَةُ سوف تُنْتِجُ نفسَها مرةً أخرى وتنتشر، من ناحيةٍ ثانيةٍ إذا أردْنا إبقاءَ هذا التَّشْبيهِ مُتَعلِّقًا بعلْمِ الأحياء فإنَّ كلَّ تغييرٍ سيكونُ فقطْ عبارةً عنْ تعديلٍ طفيفٍ ومضاعفةٍ،أوْ إعادةِ ترتيب الأجزاء الموجودة مسبقًا ويجب على التغيير أنْ يحسّنَ من وظيفة الدراجة الهوائية. لذا فإذا قامَ المصنعُ عن طريق الخطأ بزيادة حجم عزقة أو تقليص قطر برغي أو أضاف عجلةً أخرى على المِحور الأمامي أو ألغى العجلة الخلفية أوْ وضعَ دوّاسةً فوق المقود أو أضافَ مكبحًا إضافيًّا وإذا ما أدَّى أي من هذه التغييرات الطفيفة إلى تحسين ركوب الدراجة الهوائية، فسوف يلاحظ هذا التحسّن مباشرةً من قبل العامة من المشترين ولسوف تهيمنُ الدراجات المتعرضةُ للطفرات في طراز دارويني حقيقي على السوق.

وضمن هذه الشروط هل يمكنُنا تطويرُ دراجةٍ هوائيةٍ إلى دراجة نارية؟ يمكنُنا التحركُ بالاتجاه الصحيح عن طريق جعل المقعد مريحًا أكثرَ بخطوات صغيرةٍ وجعْلِ العجلاتِ أكبرَ وحتى تقليدِ التصميمِ العامِ بطرقٍ متعددةٍ –بافتراض أنَّ زبائننا يفضّلون مظهر الدرّاج–. إلّا أنَّ الدراجةَ الناريةَ تعتمدُ على مصدرِ وقودٍ، وإنَّ الدراجةَ الهوائيةَ لا تمْتَلِكُ أيَّ شيءٍ يمْكِنُ تعديلُهُ تعديلًا طفيفًا ليصبحَ خزانًا للبنزين. وما هو الجزءُ من الدراجة الهوائية الذي يمْكِنُ أنْ تتمَّ مضاعفتُهُ للبدْءِ بصناعة محرّك؟ حتى وإنْ أدَّى حادثٌ مؤاتٍ لإحْضارِ محرِّكِ مجزّ عشْبٍ من مصْنَعٍ مجاورٍ إلى مصنع الدراجات الهوائية، فعلى المحرك أنْ يكونَ مركّبًا على الدراجة ومتصلًا بالشَّكْلِ الصحيحِ بسلسلة القيادة. كيف يمكنُ لذلكَ أنْ يتِمَّ خطوةً فخطوة انطلاقًا من أجزاء الدراجة الهوائية؟ فمصْنَعِ الدراجات الذي يُصنّع دراجات هوائية لا يمْكِنُهُ أنْ ينْتِجَ ببساطةٍ

دراجةً ناريةً عن طريق الانتقاءِ الطبيعيِّ الذي يعْمَلُ على الاختلافات —بوساطة تعديلاتٍ عديدةٍ متواليَةٍ وطفيفَةٍ— وفي الحقيقة لا يوجدُ أيُّ مثالٍ في التَّاريخ عن تغيُّرٍ معقّدٍ لمنتج ما قد حدثَ بهذه الطريقة.

ولذلك فإنَّ الدراجةَ الهوائيَّةَ قد تكونُ من حيْثُ المبدأِ سلفًا للدراجة النارية ولكنَّها ليست سلفًا ماديًّا والتطوُّرُ الداروينيُّ يتطلبُ سلفًا ماديا.

الحد الأدنى الوظيفي

لقدْ اختبرنا حتى الآن سؤالَ التعقيـدِ غيرِ القابل للاختزال كتحدٍّ للتطور التدريجيِّ ولكنَّ هناك عقبةً أخرى في طريق داروين. قائمتي السابقة التي توضِّحُ العواملَ التي تجعلُ مصيدةَ الفئران جهازًا معقدًا غيرَ قابلٍ للاختزال، في الحقيقية قائمةٌ متسامحةٌ جدا. لأنَّ أيَّ جهازٍ تقريبًا يمتلكُ المكوناتِ الخمسةَ لمصيدة الفئران النموذجيةِ سيفْشَلُ في العمل بالرغم من ذلك. فإذا ما كانت القاعدةُ مصنوعةً من الورق على سبيل المثال فستتحطم المصيدةُ، وإذا كانت المطرقةُ ثقيلةً جدًا فإنَّها قد تكسِّرُ الزنبركَ وإذا كان الزنبركُ رخوًا فقد لا يقْدرُ على تحريكِ المطرقة وإذا كان القضيبُ المثبّتُ قصيرًا جدًا فقد لا يصِلُ إلى المقبض وإذا كان المقبضُ كبيرًا جدًا فقد لا يطلقُ المطرقة في الوقت المناسب. فقائمةٌ من الأشياء البسيطة اللازمة لمصيدة الفئران ليستْ بكافيةٍ لعمل المصيدة.

لكي يكونَ النظامُ مرشحًا للاصطفاء الطبيعي يجبُ أنْ يملكَ الحدَّ الأدنى الوظيفي: وهي القدرةُ على القيام بمهمةٍ ما في الظروف الماديةِ الواقعية. فمصيدة الفئران المصنوعةُ من موادٍّ غيرِ مناسبةٍ لن تحققَ معيارَ الحد الأدنى الوظيفي؛ ولكن حتى الآلات المعقَّدة التي تقومُ بالعمل المطلوبِ منها قدْ تكونُ بدون فائدة. للتوضيح افترض أنَّ أول محرك طرفي تم تصميمه وتسويقه. وهذا المحرك عمل بدون مشاكل حارقًا البنزين بمعدلٍ مضبوطٍ وناقلًا القوةَ عبر مخْوَرٍ ومدورًا المروحة؛ ولكنَّ المروحةَ كانت تعْمَلُ بدورةٍ واحدةٍ فقطْ في الساعة. هذا في النهاية عمَلٌ تقنيٌّ فذٌّ، فحرق البنزين في علبة بجوار مروحة لا يديرها أبدا. على أيِّ حالٍ قلَّةٌ من الناس سيشترون هذه الآلة لأنَّها تفْشَلُ في أداء وظيفتها بمستوًى مناسبٍ للغرضِ المطلوبِ منها.

قد يكونُ الأداءُ غيرَ مناسبٍ لأحَدِ سببين. الأولُ هوُ أنَّ الآلةَ غيرُ قادرةٍ على أداء العمل. فرجلٌ وزوجتُهُ يصطادان في منْتَصَفِ بحيرةٍ في قاربٍ ذي مروحةٍ بطيئةِ الدوران لنْ يصلَا المرفأ:

"التياراتُ العشوائيةُ للماء والهواءِ ستجرفُ قاربهما عن مساره"، السبب الثاني هو أنَّ الأداءَ يمكنُ أنْ يكونَ غيرَ مناسبٍ إذا كان أقلَّ فعاليةٍ مما يمكن أداؤه بوسائل أبسط. لا أحد سيستخدم محركًا طرفيًا غيرَ فعالٍ إذا كان بإمكانهم أداءُ العمل بنفس السوية أو أفضل بواسطة شراع.

بخلاف التعقيد غير القابل للاختزال –حيث يمكنُنا سردُ الأجزاء منفصلة– فإنَّ الحدَّ الأدنى الوظيفي عادةً ما يكونُ صعبُ التحديد. إنْ كانت دورةٌ واحدةٌ في الساعة غيرُ كافيةٍ للمحرك الطرفي فماذا عن مئة دورة أوْ ألف؟ ومع ذلك فإنَّ الحدَّ الأدنى الوظيفي أمرٌ حاسمٌ في تطور البنى البيولوجية. فعلى سبيل المثال ما هي الكميةُ الدنيا من الهيدروكينون التي يُمْكنُ أنْ يتذوقَّها المفترس؟ كم هو مقدار ارتفاع حرارة المحلول الذي سيلاحظه؟ إذا كان المفترس لا يلاحظ تغيرًا بسيطًا في الهيدروكينون أو تغيرًا بسيطًا في الحرارة فإنَّ قصةَ دوكينز عن تطور الخنافس القاذفة يمكنُ أنْ توضعَ بجانب قصة البقرة التي تقفزُ فوْقَ القمر. تشكل الأنظمة المعقدة غير القابلة للاختزال عقباتٍ في طريق التطور الداروينى، يفاقم الحد الأدنى الوظيفي من المعضلة بشكل كبير.

العزقات والبراغي

أثبتتْ الكيمياءُ الحيويَّةُ أنَّ أيَّ جهازٍ بيولوجيٍّ يضُمُّ أكثرَ من خليَّةٍ واحدة –كعضو أو نسيج– هو شبكةٌ معقَّدَةٌ بالضرورة مكونةٌ من عدة أنظمة مختلفة متمايزة ومعقدةٍ بشكْلٍ رهيب. الخلية (الأبسط) القادرةُ على مضاعفة نفسها لديها القدرةُ على إنتاج آلاف من البروتينات المختلفة والجزيئات الأخرى في أوقاتٍ مختلفةٍ وتحت شروط متغيرة. الاصطناع والتحلل وإنتاج الطاقة والانتساخُ والحفاظُ على الخلية والبناءُ والحركةُ والتنظيمُ والإصلاحُ والتواصلُ كلُّها وظائفٌ يجبُ أنْ توجدَ عمليًا في كل الخلايا وكل واحدة من هذه الوظائف يتطلب تفاعلَ عدة أجزاء. لأنَّ كلَّ خليةٍ هي شبكةٌ مترابطةٌ من الأنظمة فإنَّنا سنكررُ خطأً (فرانسيس هيتشينغ Francis Hitching) إذا تساءلنا فيما إذا كانت البُنَى متعددة الخلايا قد تطورت وفق نموذج التدرج الداروني. فهذا لن يكون كالسؤال عن إمكانية تطوُّرِ الدراجة الهوائية إلى دراجة ناريَّةٍ؛ ولكنَّهُ سيكونُ كالسؤال عن إمكانية تطور معملِ دراجاتٍ هوائيةٍ إلى معْمَلِ دراجاتٍ ناريةٍ فالتطور لا يحدثُ على مستوى المعمل ولكنَّهُ يحدثُ على مستوى العزقة والبرغي.

تفْشَلُ جدالاتُ دوكينز وهيتشينج لأنَّهما لا يناقشان ما تحويه الأنظمةُ التي يجادلان عنها. ليست العيْنُ وحدَها معقدةً بشكل فائق؛ ولكنَّ (اللطخةَ الحساسةَ للضوء) التي يبدأُ بها دوكينز قضيتَهُ هي عضوٌ متعددُ الخلايا وكلُّ واحدَةٍ من هذه الخلايا تجْعَلُ تعقيدَ الدراجةِ الناريَّةِ أوْ التلفاز يبدو تافِهًا بالمقارنة بها.

ليسَ فقطْ جهازُ الدفاع عند الخنافس القاذفة يعتمدُ على عدَدٍ من المكونات المتفاعلة مع بعضها؛ ولكنَّ الخلايا التي تفْرِزُ الهيدروكينون والماء الأكسجيني تعتمد على مجموعة كبيرة من المكونات لتفعل ذلك فالخلايا المفرزة للكاتالاز معقدةٌ جدًّا، وعضلة المصرة التي تفصل حجرةَ التجميع عن حجرة الانفجار هي نظامٌ من الأنظمة. وبسبب هذا يحكمُ على جدالات هيتشينغ عن التعقيد الرائع في الخنافس القاذفة بأنَّها ضبابيةٌ وغيرُ ذات علاقة وسيكون ردُّ دوكينز مرضيًا إلى أنْ نطالبَ بالمزيد من التفاصيل.

في مقابلِ الأعضاءِ البيولوجية فإنَّ تحليلَ غرضٍ ميكانيكيٍّ بسيطٍ يتِمُّ إلى حدٍّ ما بشكلٍ مباشر. عرضْنا في ترتيبٍ قصيرٍ أنَّ مصيدةَ الفئران معقدةٌ بشكلٍ غيرِ قابلٍ للاختزال وهكذا يمكنُنا أنْ نستنتجَ ما علمناه سابقًا أنَّ مصيدةَ الفئران مصنعةٌ كنظام كامل. ولقد عرفنا سابقًا أنَّ الدراجةَ الناريةَ لم تنتجْ بشكلٍ غيرِ واعٍ من تطويرات صغيرةٍ ناجحةٍ على الدراجة الهوائية، ويرينا تحليلٌ سريعٌ أنَّهُ من المستحيل أنْ نفعلَ ذلك. الأغراض الميكانيكيةُ لا يمْكنُها أنْ تتكاثرَ أو تصيبُها الطفراتُ مثل النظم البيولوجية؛ ولكنَّ افتراضَ وجودِ أحداثٍ مشابهةٍ في معْمَلٍ خياليٍّ يُظْهِرُ أنَّ الطفراتِ والتكاثرَ ليست الحواجزَ الأساسيةَ في وجْهِ تطور الأغراض الميكانيكية؛ ولكنَّ متطلباتِ العلاقةِ بين البنية والوظيفة هي ما تَسُدُّ طريقَ التطور على الطراز الدارويني.

الآلاتُ سهلةُ التحليل نسبيًّا لأنَّ وظيفتَها وأجزاءَها كلَّها حتى العزقة والبرغي معلومةٌ ويمكنُ وضعُها على قائمة. وعليه يمكنُنا بسهولةٍ أنْ نرى إذا كان أيُّ جزء محدد لازمًا لعمل النظام وإذا ما كان نظامٌ ما يتطلب عدةَ أجزاءٍ متوافقة مع بعضها ليعملَ فهو إذًا نظامٌ معقدٌ غيرُ قابل للاختزال، ويمكننا أنْ نستنتجَ أنَّه أنتجَ كوحدة متكاملة. من حيثُ المبدأ يمكنُ تحليلُ الأنظمة البيولوجية بهذه الطريقة فقطْ إنْ كان بالإمكانِ سردُ كل أجزاء النظام ومعرفة وظائفها.

وضحتْ الكيمياءُ الحيويةُ الحديثةُ في العقود القليلة الأخيرة كلَّ أو معظمَ مكونات عدد من الأنظمة الكيميائية البيولوجية وسوف أناقش في الفصول الخمسة التالية بعضًا منها. في الفصل

الثالث سوف أتفحصُ بنيةً مذهلةً تسمى (الهدب cilium) والتي تستخدمها بعض الخلايا` للسباحة. في الفصل التالي سأناقشُ ما يحدثُ عندما تجرحُ إصبَعَكَ وأبين أنَّ البساطة الظاهرية لتخثر الدم هي معقدة بشكل مضلل. بعد ذلك سآخذ بالاعتبار كيفية نقل الخلايا للمواد من حجيرة تحت خلوية إلى أخرى مستعرضًا العديدَ من المشاكل ذاتها التي يواجهها القطار الفيدرالي لنقل البضائع في توصيل الطرود.

في الفصل السادس سوف أناقشُ فنَّ الدفاع عن الذات وذلك على المستوى الخلوي بالطبع. وآخر مثال بيوكيميائي سيكون في الفصل السابع حيثُ سأشيرُ إلى النظام المعقد الذي تحتاجُهُ الخليةُ لصنعَ واحدةً من (حجارة بنائها). في كل فصل سأتوقف عند كون النظام الذي تتم مناقشته يمكن أنْ يكونَ تطور بشكل تدريجي بالطراز الدارويني كما سأذكر ما قاله المجتمع العلمي عن احتمال تطور هذه الأنظمة.

لقد حاولتُ أنْ أُبْقِيَ هذه الفصولَ الخمسةَ ممتعةً وقابلةً للقراءة قدرَ المستطاع. فأنا لا أناقشُ أيَّ مفاهيمٍ فئوية موجهة لمجموعة خاصة تعنى بالكيمياء الحيوية، فلا شيء أكثر صعوبة من فكرة الخوض في التفاصيل أو قطع الفكرة من وسطها. على الرَّغْمِ من ذلك كما ذكرت في المقدمة لكي تقدّر التعقيدَ فإنَّ عليك أنْ تختبرَه. إنَّ سببَ تعقيدِ الأنظمةِ التي ناقشْتُها هو احتواؤُها العديدَ من المكونات. على أيِّ حالٍ ليس هناك امتحانٌ في آخر الكتاب، فالوصف المفصل طرح فقط ليزودك بالإدراك اللازم للتعقيد في النظام وليس ليختبر ذاكرتك. قد يفضل بعض القراء اختراق الكتاب من أوَّلِهِ لآخره وبعضهم يفضل أنْ يتصفحَ بسرعةٍ ثُمَّ يعودُ عندما يكون جاهزًا للمزيد من التفصيل.

أنا أعتذرُ مسبقًا عن تعقيدِ مادة الكتاب ولكنَّهُ متأصِّلٌ في الفكرة التي أريدُ أنْ أوصلَها. يمكن لريتشارد دوكينز أنْ يبسطَ الموضوعَ إلى جذوره الأساسية فقطْ لأنَّه يريدُ أنْ يقنعَ قراءَهُ بأنَّ التطورَ الداروينيَّ سلسٌ كهبة النسيم؛ ولكنْ لكيْ نفهمَ العقباتِ في وجْهِ التطوُّرِ علينا أنْ نتحملَ صعوبةَ فهْمِ التعقيد.

القسم الثاني

فحص محتويات الصندوق

الفصل الثالث

جدف، جدف، جدف قاربك

البـروتيـنـــات

سيبدو غريبًا إذا قلنا: إنَّ الكيمياءَ الحيويةَ الحديثةَ أوضحتْ أنَّ الخليةَ تعمل بواسطة الآلات، وتسمى حرفيًّا بالآلات الجزيئية تمامًا مثل التي يصنعها الإنسانُ –مصائد الفئران، والدراجات الهوائية وسفن الفضاء–. يتسع نطاق الآلات الجزيئية من البسيطة وحتى المعقدة جدًا: الآلات الميكانيكية المولدة للقوة مثل التي في العضلات، والآلات الإلكترونية مثل التي في الأعصاب، والآلات التي تعمل بالطاقة الشمسية مثل التي في التمثيل الضوئي Photosynthesis، وبالطبع فإنَّ الوحدة الأساسية لبناء الآلات الجزيئية هي البروتينات –ليست المعادن والبلاستيك–. في هذا الفصل سأقوم بشرح الآلات الجزيئية التي تسْمَحُ للخلية بالسباحة، وسترى ما هو مطلوبٌ منها لفعل ذلك.

لكن أولًا هناك بعضُ التفاصيل الضرورية لفهْمِ الأساسِ الجزيئي للحياة، بداية يجبُ أخْذُ فكرةٍ عن كيْفِيَّةِ عمل البروتينات، وللذين يريدون كافة التفاصيل عن كيفية تصنيع البروتينات، وكيف تسمح لها بنيتها بالعمل بفاعلية عالية وهكذا، أشجع باستعارة كتب تمهيدية في الكيمياء الحيوية من المكتبة، وللذين يريدون معرفة قليل من التفاصيل –كماهية الحموض الأمينية، وما هي مستويات بُنية البروتين– فلقد قمت بإدراج ملحق لشرح البروتينات والحموض النووية.

لكن بالنسبة للأغراض الحالية فنظرةٌ عامةٌ على هذه المواد الكيميائية الحيوية الرائعة ستفي بالغرض.

معظم الناس ينظرون للبروتينات على أنَّها شيئٌ تأكلُهُ بينما هي في جسم الحيوانات الحية أو النباتات تقوم بأدوار نشطة جدا، فالبروتينات هي الآلات في الأنسجة الحية والتي تقوم بالبناء وتجري التفاعلات الكيميائية اللازمة للحياة، على سبيل المثال الخطوة الأولى في الحصول على الطاقة من السكر وتحويلها لهيئة يستطيع الجسم استخدامها تكونُ بواسطة بروتين محفّز –يعرف أيضا بالإنزيم– يسمى (هيكسوكيناز hexokinase)، ويتكونُ [illegible] في معظمه من بروتين يسمى (الكولاجين collagen)، وعندما يسقطُ الضوْءُ على شبكية العين يقومِ بروتين يسمى (رودوبسين rhodopsin) ببدء الرؤية. يمكنك أنْ ترى من خلال هذا العدد البسيط من الأمثلة أنَّ للبروتينات تنوعًا مثيرًا للدهشة، ومع ذلك فإنَّ بروتينًا محددًا يكون ذا

استخدامٍ واحدٍ فقطْ أوْ قليلٍ من الاستخدامات؛ فـ(الرودوبسين) لا يمكنُهُ تشكيلُ الجلد، والكولاجين لا يمكنُهُ أنْ يتفاعلَ تفاعلًا مفيدًا مع الضوء. ولهذا فإنَّ الخليةَ النموذجية تحتوي على الآلاف والآلاف من الأنواع المختلفة من البروتينات لتؤدي المهام الكثيرة للحياة.

تَتَشَكَّلُ البروتيناتُ من انْعقافِ الحموض الأمينيَّةِ مع بعْضها في سلسلة، وعادةً تتكونُ سلسة البروتين من (٥٠ إلى ١٠٠٠) رابط حمضي أميني، وكل موقع في هذه السلسة يكون مشغولًا بحمض أميني واحد من بين عشرين حمضًا أمينيًا مختلفًا تماما مثل الكلمات، حيث يمكن أنْ تأتي بأطوال مختلفةٍ ولكنَّها تتكون من خلال ٢٦ حرفًا فقط. في الحقيقة يشير العلماء في الكيمياء الحيوية عادةً لكل حمضٍ أمينيّ بحرف اختصار G للغليسين (glycine)، Sللسيرين (serine)، H للهيستيدين (histidine) وهكذا دواليك. كل حمض أميني مختلف له شكْلٌ مختلفٌ وخصائصٌ كيميائيةٌ مختلفة، على سبيل المثال: الحمض الأميني (W) كبير الحجم، بينما (A) صغير الحجم، و(R) يحمل شحنة موجبة، لكن (E) يحمل شحنة سالبة، و(S) يفضل أن يذوب في الماء، لكنَّ (I) يفضل الزيت وهكذا.

عندما تتفكر في لفظ (سلسلة) ربما سيكون تفكيرُكَ في شيءٍ مرِنٍ جدًّا ودون شكلٍ عام، لكن سلاسل الحموض الأمينية –أي البروتينات بعبارة أخرى– ليست كذلك، تنطوي البروتينات العاملة في الخلية لتشكل بنى غاية في الدقة، هذه البنية يمكن أنْ تختلفَ اختلافًا كبيرًا في الأنواع المختلفة من البروتينات، وهذا الالتفافُ يكونُ تلقائيًا فالحمض الأميني موجب الشحنة يجذب حمضًا أمينيًا آخر سالب الشحنة، والحموض الأمينية التي تفضل الزيتَ تحتشدُ مع بعْضها لاستبعاد الماء، وتدفع الحموض الأمينية الكبيرة من المساحات الصغيرة وهكذا، إنَّ تسلْسُلَيْن مختلفيْن للحموض الأمينية –أيْ بروتينين مختلفين– يمكنُ أنْ يلتفَّا بهيئتين محددتين ومختلفتين عن بعضهما البعض مثل المفتاح الإنكليزي القابل للتعديل Adjustable Wrench والمنشار الهزّاز Jigsaw.

ما يسمح للبروتين بأداء عمله هو شكْلُ البروتين المنطوي، والتراصُّ الدقيقُ للأنواع المختلفة من مجموعات الحموض الأمينية.(شكل ٣–١) على سبيل المثال: إنْ كانتْ وظيفةُ أحد البروتينات هي الارتباطُ نوعيًّا مع بروتين آخر فيجبُ أنْ يكونَ شكْلاهما متناسبين لبعضيهما مثل القفاز واليد، ولو أنَّ هناك حمضًا أمينيًّا يحملُ شحنةً موجبةً في البروتين الأول

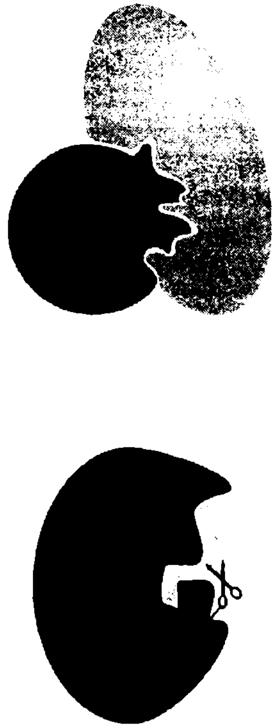
فمن الأفضل أنْ يحتوي البروتينُ الآخرُ على حمضٍ أمينيٍّ يحملُ شحنةً سالبةً وعدا ذلك لن يلتصقَ الاثنان ببعضهما. إنْ كانتْ وظيفةُ البروتين هي تحفيزُ تفاعلٍ كيميائيٍّ فإنَّ شكْلَ الإنزيم سيقابلُ شكْلَ المادةِ الكيميائية التي يعْملُ عليها هذا الإنزيم، وعندما يرتبطُ سيمتلكُ الإنزيمُ حمضًا أمينيًّا يتمركزُ بدقةٍ في مكانٍ محددٍ لإحداثِ تفاعلٍ كيميائي، إنْ تشوَّهَ شكلُ المفتاح الإنجليزي أوْ المنشار الهزَّاز بصورة ملحوظة فلنْ يعمل، وبالمثل إذا تشوَّهَ شكْلُ البروتين فسيفْشَلُ في أداء وظيفته.

بدأت الكيمياءُ الحيويةُ الحديثةُ منْذُ أربعين عامًا مضتْ عنْدما بدأَ العلْمُ في تعلُّمِ ماهيَّةِ البروتينات، ومنْذُ ذلك الحين وهو يخْطو خطواتٍ هائلةً في الفَهْمِ الدقيقِ لكيْفِيَّةِ قيام بروتينات معيّنة بمهامها. على العمومِ فعمل الخليَّةِ يتطلَّبُ فِرقًا من البروتينات، كلُّ عضْوٍ في الفريق يقومُ بعمل جزءٍ واحدٍ فقط من مهمَّةٍ كبيرة، ولإبقاء الأشياءِ بسيطةً قدْرَ الإمكان سأركِّزُ في هذا الكتاب على فِرَق البروتين.

السباحة

لتفْترض في يومٍ من أيَّامِ الصَّيْفِ أنَّكَ وجدتَ نفْسَكَ في نُزْهَةٍ لبركةِ السباحة في الحي لأداء القليلِ من التمارين، وبعد دهن الواقي الشمسيِّ استلقيتَ على منْشفَةٍ وشرعتَ بقراءةِ أحْدَثِ عدد من مجلَّة بحوث الأحْماض النووية Nucleic Acids Research منتظرًا بداية فترة سباحة الكبار، وبعد فترة تُطلق الصافرةُ وتخرجُ جمهرةُ الأولاد المفعمين بالطاقة من الماء، وبمنتهى الحذَرِ تغْمُرُ أصابعَ قدمَيْكَ في الماء ببطءٍ وبألمٍ تُسْقِطُ باقي جسدِكَ في الماء البارد، ولأنَّهُ لنْ يكونَ من الوقار فإنَّكَ لنْ تقومَ بلعب كرةِ المدْفع أوْ القيام بأيٍّ من الغطسات الفنيَّةِ من على لوْحِ الغطْس ولنْ تلعبَ أيضًا الكرةَ الطائرةَ مع الشباب، على الأرجح ستقومُ بعملِ بضْعِ لفَّاتِ سباحة.

منطلقًا من الجانبِ سترْفَعُ يدَكَ اليُمْنَى فوْقَ رأْسِكَ ثُمَّ تدْفَعُها داخِلَ الماء مُنْهِيًا ضرْبةً واحدة، وأثناء الضرْبَةِ تنتقِلُ نبضاتٌ عصبيةٌ من المخِّ إلى عضلات يدِكَ محفِّزَةً إيَّاها على الانقباض بترتيبٍ محدد فتسحبُ العضلات المنقبضة مقابل عظامك مسببةً ارتفاعَ ودورانَ عظمة العضد.



(شكل ٣-١) (الأعلى): عندما يرتبطُ بروتينان نوعيًّا يجبُ أنْ يكونا متمميْنِ لبعضهما البعض بإحْكامٍ من حيْثُ الشكل. (الأسفل): لتحفيز تفاعلٍ كيميائيّ فالإنزيم يحددُ مواقعَ المجموعات بقربِ المادة الكيميائية المرتبطة. (المقص): يمثل المجموعاتِ داخلَ البروتين، التي ستقطع -كيمائيًّا- جزيئًا معينًا والمُمَثَّل بشكلٍ ذي لونٍ باهت.

وفي ذات اللحظة تضغطُ العضلاتُ الأخْرى عظامَ الأصابع في يدِكَ مع بعضها البعض، فتشكلُ يدُكَ كأسًا مغلقا. والنبضاتُ العصبيةُ المتابعةُ تثيرُ العضلاتِ الأخرى للانْبِساط والانقباض منسحبةً بطرقٍ مختلفةٍ من على عظْم الكعْبرة وعظْم الزند مع توجيهِ اليدِ نزولًا في الماء، إنَّ قوَّةَ الذراع واليدِ في الماء تدْفَعُكَ للأمام.

بعْدَ إكْمال نصْفِ الأفعال السابقَةِ تبْدأُ دوْرَة جديدة هذه المرة بعظام وعضلات الذراع الأيسر، وبالتزامن فإنَّ نبضاتٍ عصبيةً تذهب لعضلات قدميْكَ مسببة انقباضَها وانبساطَها بشكلٍ إيقاعي، محركةً عظامَ الرجل لأعلى وأسفل، وأنت تشق طريقك عبر الماء بسرعة ٢ ميل

في الساعة ستلاحظ أنَّهُ من الصعب التفكير، هناك إحساسٌ حارقٌ في رئتيك وعلى الرغم من أنَّ عينيْكَ مفتوحتان فإنَّ الرؤيةَ بدأتْ بالاختفاء، تبًّا لقد نسيت التنفس.

يقال بأنَّ الرئيس (فورد) لا يمْكِنُهُ المشيُ وهو يمضغُ العَلْكَةَ في نفس الوقت. ستجد من الصعوبة بمكان أنْ تنسقَ دوران رأسكَ نحو سطْح الماء مع الحركات الأخرى المطلوبة للسباحة، وبغياب الأكسجين الضروري لاستقلاب الوقود من الغذاء سيبدأُ دماغُكَ بالتوقُّفِ عن العمل مانعًا النبضاتِ العصبيةَ المتتابعة من الوصول للأماكنِ المحددة في جسْمِك.

وقبل أنْ تفْقدَ وعْيَكَ وتعاني إذلالَ إنقاذِكَ بواسطة منْقِذٍ من الجيل الجديد فإنَّكَ ستتوقفُ واقفًا في عُمْقٍ أربعة أقدامٍ من الماء، ملاحظًا أنَّكَ على بُعْد عشرينَ قدماً فقط من الجانب، ولتتغلبَ على مشكلة التنفس ستقرِّرُ أنْ تجدفَ ظهْريًا، يشتملُ التجديفُ ظهريًّا على معظم العضلاتِ المتشابهةِ مثل السباحة الحرة، كما أنَّهُ يسمحُ لكَ بالتنفس بدون الحاجة للتنْسيق بين عضلات الرقبة وأيِّ شيءٍ آخر؛ ولكنَّكَ الآن لا يمْكِنُكَ رؤيةُ إلى أينَ تذهب، حتمًا ستنحرفُ عن مسارِكَ وتصلُ قريبًا جدًّا من لعبة الكرة الطائرة، وتأخذُ ضربةً قويةً على الرأس من رمْيَةٍ ساحِقَةٍ خاطئة.

ولكي تذهبَ بعيدًا عن لاعبي الكرة الطائرة المعتذرين قررت ببساطةٍ أنْ تخْطوَ في الماء نحو النهاية العميقة للبركة، الخطو في الماءِ يتطلبُ استعمالَ عضلاتِ رجليك، معطيًا إياكَ التمارينَ التي تحتاجُها، كما أنَّهُ يسمحُ أيضًا بالتنفس السَّهْل والرؤية الجيدة، بعْدَ عدَّةِ دقائق سَتُصابُ رِجْلاكَ بشدٍّ عضلي، وبعمقٍ أكثر داخلَ أطرافكَ المترهلة –دون إدراك منك– تحتفظُ العضلاتُ التي تستخدمُها نادرًا بوقودٍ كافٍ لتعملَ لفترةٍ قصيرةٍ فقط، متبعةً إيَّاها بفترةٍ طويلةٍ من الراحة؛ فأثناء التمارين المطولة غير المعتادة ينتهي غذاؤها بسرعة وتتوقفُ عن العمل بكفاءة. تحاولُ النبضاتُ العصبيةُ إثارةَ الحركة الضرورية للسباحة، ولكن مع خلل العضلات تكونُ الأرجلُ عديمةَ الفائدةِ مثْل مصيدة فئران بنابض مكسور.

ستسْترْخي وتظلُّ ساكنًا، ولحسن الحظِّ إنَّ الجزْءَ الكبيرَ منْ جسمِكَ حوْلَ الوسطِ يمْتلكُ كثافةً أقلَّ من كثافة الماء، ولهذا فإنَّهُ يحافظُ عليْكَ طافيًا وبعْدَ دقيقةٍ أوْ دقيقتين من التمايل في الماء ستنبسطُ عضلاتُكَ المشدودة، وتقضي باقي فترة سباحة الكبار طافيًا بهدوء حوْل النهاية العميقة. هذا لا يقدم أيَّةَ تمارين، لكنَّهُ على الأقلِّ مُمْتِعٌ حتى إطْلاق الصَّافرة مجددا، وتتلقى ضربةَ كرةِ مدفع من أطفال طائشين.

ماذا يستلزم الأمر؟

يوضحُ سيناريو بركة الحي متطلبات السباحة، كما يوضِّحُ إمكانيةَ تحسين الكفاءة عن طريق إضافة أنظمة مساعدة لأجهزة السباحة الرئيسية، وبأخْذِ المشهد الأخير أولا، يحتاج الطفْوُ فقطْ أنْ تكونَ كثافةُ الجسم أقلَّ من كثافة الماء وهذا لا يحتاج لنشاط، فالقدرةُ على الطفو -أنْ تكون قادرًا على إبقاءِ جزءٍ من الجسد خارج الماء دون بذل جهد- لا شك أنَّها ستكونُ مفيدة، لكن لأنَّ الطافي ببساطةٍ ينجرف مع التيار، فالقدرةُ على الطفو ليستْ مثل القدرة على السباحة.

نظامُ تحديد الاتجاه -مثل الإبصار- مفيدٌ أيضا في السباحة ولكنَّهُ ليس كالقدرة على السباحة؛ ففي هذه القصة كان بإمكانِكَ السباحةُ على الظَّهْرِ لمدَّةٍ واستئناف التقدم بالماء، لكن في النهاية عدم القدرة على الإحساس بما يحيط بكَ سيقودُكَ لحوادث، وعلى أيِّ حال يستطيعُ الشخصُ السباحةَ بإبصار أوْ السباحةَ بدون إبصار.

من الواضح أنَّ السباحةَ تحتاجُ لطاقة، وأنَّ العضلات المشدودةَ عديمةَ الفائدة تسببُ فشلَ النظام تماما؛ لكنَّكَ قطعْتَ مسافةَ ٢٠ قدمًا قبل أنْ ينْتهي الأوكسجين، وبعدها خطوتَ في الماء لفترة قصيرةٍ قبل أنْ يحدثَ الشدُّ العضلي، فعلى الرغم من أنَّهُ بالتأكيد يؤثِّرُ على المسافة التي يستطيعُ السبَّاحُ أنْ يقطعَها، إلَّا أنَّ حجمَ وفاعليةَ نظامِ حفظ الوقود ليس جزءًا من نظام السباحة نفسه.

والآن دعْنا نتحدثُ عن المتطلبات الميكانيكية للسباحة؛ أنتَ تستخدمُ يديْكَ وقدميْكَ للمس الماء ودفعه، وهذا يحرك جسمك في الاتجاه المعاكس؛ فبدون الأطراف -أو ما يحل محلها- تكون السباحةُ شبهَ مستحيلة، ولهذا يمكنُنا أنْ نستخلصَ أنَّ أحدَ متطلبات السباحة هو المجداف. متطلبٌ آخر هو محركٌ أوْ مصدرُ قوة يحتوي على وقودٍ كافٍ ليستمرَ لبعض الدورات، على مستوى أعضاء البشر يعتبرُ المحرك هو عضلات الرجل أوْ عضلات الذراع، والتي تنقبضُ وتنبسطُ بالتناوب؛ فإنْ شُلت العضلةُ فلن يكونَ هناك محركٌ فعال وستسْتحيلُ السباحة. المتطلبُ الأخيرُ هو الربطُ بين المحرك وسطح التجديف؛ وهو في البشر تلك المناطق العظمية التي تلتحم بها العضلات، فإنْ انفصلت عضلة عن عظمة ستستمر بالانقباض ولأنَّها لا تحركُ العظمةَ فلنْ تجرى عملية السباحة.

يمكنُ إيجادُ أمثلةٍ ميكانيكية لأنظمة السباحة بسهولة؛ فابْنتي الصغيرةُ لديْها دمْيةٌ –سمكة– تُشحن بنابض لتهز ذيلها دافعةً نفسها بتمايل إلى حدٍّ ما عبر حوض الاستحمام، يمثل ذيلُ لعبة السمكة سطحَ التجديف والنابضُ هو مصدرُ الطاقة وقضيبُ التوصيل ينقلُ الطاقة؛ فإذا فُقد أيُّ مكون –المجدافُ أوْ المحركُ أوْ الموصل– فلنْ تذهبَ السمكةُ إلى أيِّ مكان. مثل مصيدة الفئران بدون نابض يكون نظامُ السباحة –مجداف أو محرك أو موصل– نظامًا غيرَ كامل، ولأنَّ أنظمةَ السباحة تحتاجُ عدةَ مكونات للعمل فهي معقدةٌ بشكل غيرِ قابلٍ للاختزال.

ولنتذكر أنَّنا نشرحُ فقطْ الأجزاءَ المشتركةَ في جميع أنظمة السباحة؛ فحتى أكثر هذه الأنظمة بدائية يتضمن مزيدًا من التعقيد، على سبيل المثال السمكة اللعبة التي تمتلكها ابنتي، بالإضافة لذيلها والنابض وقضيب التوصيل هناك العديدُ من التروس لنقل القوة من القضيب للذيل. السفينة المدفوعة بالمروحة لديها جميعُ أنماط التروس والقضبان لإعادة توجيه طاقة المحرك حتى تنتقل في النهاية للمروحة. على خلاف عين السباح، والتي تُعَدُّ منفصلةً عن نظام السباحة نفسه، بالواقع هنالك تروسٌ إضافيةٌ تمثل جزء من النظام والاستغناءُ عنها سيسببُ توقفَ كاملِ النظامِ عن العمل. عندما يحتوي نظامٌ واقعيٌّ على أكثر من العدد النظري الأدنى من الأجزاء فيجدرُ بكَ فحْصُ كلٍّ من الأجزاء الأخرى لترى إنْ كانتْ مطلوبةً لعمل النظام.

ما يستلزمه الأمر أيضا

قائمةٌ بسيطةٌ من القطع توضحُ العددَ الأدنى من المتطلبات؛ شرحت في الفصل السابق كيف لمصيدةِ الفئران التي تحتوي على جميع الأجزاء الضرورية المطلوبة –مطرقة وقاعدة ونابض وسقاطة وقبضة معدنية– من المُحتمل ألَّا تعمل، على سبيل المثال إنْ كانتْ عصا الإيقاف قصيرةً جدًّا أوْ أنَّ النابضَ خفيفُ الوزن فالمصيدةُ ستكونُ فاشلة، بالمثل أجزاء نظام السباحة يجب أنْ تكونَ متناسقةً مع بعضها البعض للحصول على أدنى وظيفة على الأقل؛ فالمجداف ضروري لكن إنْ كانتْ مساحتُهُ صغيرةً فالقارب لن يُحدِثَ تقدمًا كافيًا في الوقت المطلوب، بالعكس إنْ كانتْ مساحةُ المجداف كبيْرةً جدًّا فإنَّ الواصل أو المحرك سَيُجهد وينكسر عند الحركة؛ لذا يجب أنْ تكونَ لدى المحرك القوةُ الكافيةُ من أجل تحريكِ المجداف، كما يجب أيضًا أنْ يُضبطَ للعمل على سرعة مناسبة؛ فإنْ كانتْ بطيئةً جدًّا لنْ يُحرزَ السبَّاحُ التقدُّمَ المطلوب، وإنْ كانتْ سريعةً جدًّا فمن المحتملِ أنْ ينْكسرَ الواصلُ أوْ المجداف.

لكن حتى وإنْ امتلكْنا الأجزاءَ الصحيحةَ لنظام السباحة، وحتى إنْ كانتْ هذه الأجزاءُ بالمقاس والقوة الصحيحين المتناسقين مع بعضهما فإنَّنا لا نزالُ نحتاجُ للمزيد؛ من السهل رؤية المتطلبات الإضافية -الحاجة للتحكم في توقيت واتجاه ضربات المجداف- في مثال الرّجل السبّاح بصورة أوضح مما هي عليه في القارب ذي المجداف؛ فعندما يسقطُ شخصٌ لا يجيدُ السباحةَ في الماء، فإنَّهُ يضربُ برجليْهِ وذراعيْهِ بصورةٍ يائسة، ولا يُحرز أيَّ تقدمٍ سوى أنَّهُ يظلُّ طافيا، وحتى السباح المبتدئ كابنتي الكبيرة -التي تعلمت حديثًا التجديف- بدون مساعدة والدها ستغطس بسرعة فضربات تجديفها مقبولة لكن توقيتها ليس متناسقا؛ فهي لا تحتفظ بنفسها موازيةً لسطح الماء وتحتفظ برأسها خارج الماء.

لا يبدو أنَّ الأنظمةَ الميكانيكيةَ تعاني من نفس المشاكل؛ فمراوحُ السفينة ليْستْ سائبة وتوقيتُ واتجاهُ ضربات مجداف القارب ناعمةٌ ومنتظمةٌ من البداية، لكنَّ الحجة مضللةٌ فالقدرات غيرُ المجهدة ظاهريًّا هي في الحقيقة مبنيةٌ في شكل واتصال: عجلة التجديف[1] والدوّار ومحرك القارب. تخيل باخرةً فيها ألواحُ التجديف غيرُ مُرتبةٍ بشكل جيّد حول إطار دائري؛ فلنفترض أنَّ هذه الألواح لها زوايا مختلفة، ويتحرّك الدوّار أولا إلى الأمام ثُمَّ إلى الخلف ثُمَّ جنبًا إلى جنب؛ فبدلًا من قضاء رحلةٍ لمشاهدة المناظر الطبيعية للمسيسبي سينجرف القاربُ بمنتهى اليأس وسيتحركُ في حالةِ شللٍ مع التيار باتجاه خليج المكسيك.[2] والمروحة ذات الريش المُثبَّتة بزوايا عشوائية ستؤدى إلى اضطراب الماء، لكن هذا لن يُحرّك القارب لأيِّ اتجاهٍ محدد؛ فالسهولة الظاهرة التي يجدّفُ بها نظامٌ ميكانيكيٌّ ما -مقارنة بالصعوبات التي تواجه الشخص غير المجيد للسباحة- هي أمر خادع؛ لأنَّ المهندس الذي صمم هذا النظامَ قامَ بتدريبه على السباحة، بدفْع الماء في الاتجاه الصحيح وبالتوقيت الصحيح.

في عالم الطبيعة التي لا ترْحمُ نجدُ الكائنَ الذي يستهلكُ الطاقةَ ضاربًا الماء بعجز لا يمتلك أفضلية -أو ينظر إليه بعين الشفقة- عن الكائن الذي يطفو إلى جانبه بهدوء. هل هناك خلية تسبح؟ وإن كان ذلك فما هي نظم السباحة التي تستخدمها؟ هل هي مثل باخرة المسيسبي معقدةٌ بشكل غير قابل للاختزال؟ هل من الممكن أن تكون تطوّرت تدريجيّا؟

---

[1] في تصميم قديم للبواخر يوجد عجلة كبيرة في مؤخرة السفينة مكوّنة من ألواح خشبية عرضية تدفع السفينة عبر حركتها الدائرية.

[2] هو مصب نهر الميسيسيبي.

الهُدْب

بعض الخلايا تسبحُ مستخدمةً هُدْبا؛ والهُدْب عبارة عن بُنى تشبه الشعر وتضرب مثل السوط، فإنْ كانتْ الخليةُ ذات الهُدْب حرةَ الحركة في السائل فإنَّ الهُدْبَ يُحرك الخليةَ مثل المجداف الذى يُحرك القارب، وإذا التصقتْ خليةٌ بوسط طبقة من الخلايا، فإنَّ الهُدْبَ الضاربَ يقومُ بتحريك السائل من على سطح الخلية الساكنة؛ تستخدم الطبيعةُ الهُدْب لكلتا الوظيفتين، فعلى سبيل المثال يستخدم الحيوان المنوي الأهداب للسباحة وبالمقابل تستخدمُ الخلايا الثابتةُ التي تبطّن السبيل التنفسي عدة مئات من الأهداب التي تضرب بتزامن –تمامًا مثل المجاديف التي يحركها العبيد في سفينة القادس الرومانية–[٣] لدفع المخاط صعودًا نحو الحنجرة وإخراجه، هذه العملية تُزيل الأجزاءَ الغريبةَ الصغيرة –مثل الأوساخ– التي تُستَنشق بالخطأ وتلتصق بالمخاط.

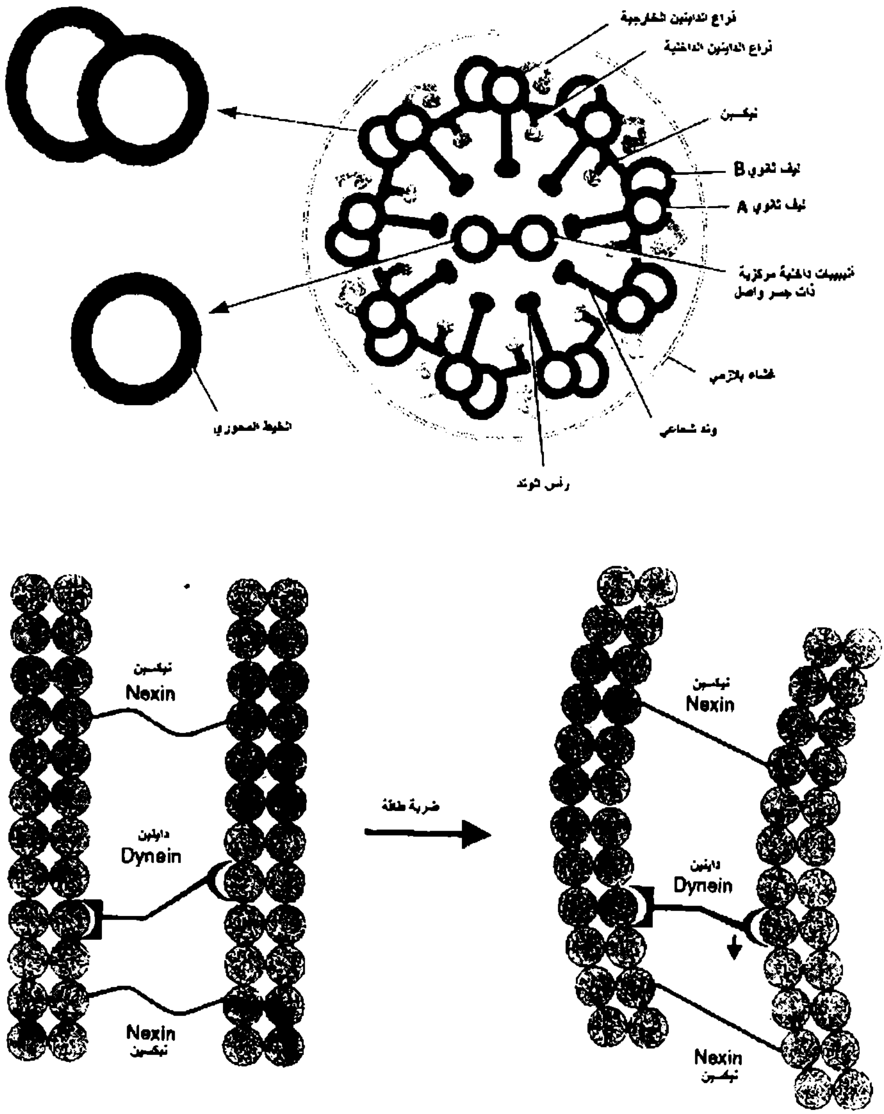
يوضحُ المجهرُ الضوئيُّ شعيراتٍ رفيعةً على بعض الخلايا، لكن اكتشاف التفاصيل المتناهية في الصغر للأهداب التي عليها انتظر حتى اختراع المجهر الإلكتروني؛ الذي أظهر أنَّ الهدب عبارةٌ عن بنية معقدة جدا، وسأشرح بنية الهدب في الصفحاتِ القليلة التالية وسيجدُ معظمُ القراء الشرْحَ أقربَ للذهن بالعودة إلى (الشكل ٣–٢).

تتكونُ الهدبُ من حزمة ألياف مغلفة بغشاء،[1] والغشاء الهُدبي –فكر به كغطاء بلاستيكي– هو عبارة عن بروز من غشاء الخلية، لذلك فإنَّ باطنَ الهُدْب متصلٌ بباطن الخلية، وعند تقطيع الهُدْب لشرائح مقطعية وبفحص حافة القطع بواسطة المجهر الإلكتروني سترى تسع بنًى عصوية حول المحيط وتسمى هذه العصى بالأنيبيبات Microtubules. عند التدقيق في الصور الفوتوغرافية عالية الجودة يشاهدُ أنَّ كلَّ واحدٍ من التسع أُنَيْبِيْبات يتكون في الحقيقة من حلقتين مدمجتين، علاوة على ذلك فالفحص أوضحَ أنَّ إحدى الحلقتين مكونةٌ من ثلاث عشرة ضفيرة مفردة، والحلقة الأخرى مرتبطة بالأولى ومكونةٌ من عشر ضفائر. يمكننا تلخيص ذلك باختصار؛ كل واحد من التسعة أُنَيْبِيْبات الخارجية للهُدْب يتكون من حلقة من عشر ضفائر مدمجة بحلقة من ثلاث عشرة ضفيرة.

---

[٣] هي سفينة ضخمة يوجد على كلا جانبيها عشرات المجاديف، ويعمل شخص أو أكثر على كل مجداف منها.

أوضحتْ تجاربُ الكيمياء الحيوية أنَّ هذه الأُنَيْبِيْبات مصنوعةٌ من بروتين يُسمى توبولين (tubulin)، ففي الخلية ترتبط ذرات التوبولين مع بعضها مثل قوالب الطوب لتكوِّن مدخنةً إسطوانية، كل واحد من التسعة قضبان الخارجية هو أُنَيْبِيْب يعمل كمدخنة إضافية ملتحمة مكوّنة من قوالب طوب من التوبولين. وتوضّح أيضًا الصور المأخوذة بالمجهر الإليكتروني قضيبين في مركز الهدب؛ هذان القضيبان أيضا أُنَيْبِيْبات، لكن بدلا من كونهما مداخن مزدوجة، يكونان عبارة عن مدخنتين مفردتين، كل واحدة مصنوعة من ثلاث عشرة جديلة توبولين.



الشكل الأعلى من لويت ولويت، الأشكال 34 - 77، صفحة 1256. أعيد نشره بموافقة من المصدر.

(شكل ٣-٢): (الأعلى) مقطع عرضي لهُدْب يوضح بُنية الحلقتين الملتحمتين للأُنَيْبِيْبات الخارجية، وبُنية الحلقة المفردة بمركز الأُنَيْبِيْبات، والبروتينات الواصلة ومحرّك الداينين Dynein. (الأسفل) تتحول الحركة الانزلاقية المحرّضة بالداينين (المشي) على الأُنَيْبِيْبات المجاورة إلى حركة انثنائية بواسطة البروتين المرن الرابط النيكسين Nexin.

عندما تكونُ الظروفُ داخلَ الخلية منسبة –مثلا تكون درجة الحرارة بحدود معينة وتركيز الكالسيوم مناسب– يتحد التوبولين –الذي يعتبر طوب البناء المكوّن للمدخنة– تلقائيًا لتكوين الأُنَيْبِيْبات. والقوى التي تربط التوبولينات معًا مشابهة إلى حدٍّ كبيرٍ للقوى التي تطوي بروتين محدد في شكل مُدمج؛ فالشحنات الموجبةُ تجذبُ الشحناتِ السالبةَ والأحماضُ الأمينيةُ الزيتية تنضغط على بعضها لطرد الماء.. إلى آخره. إحدى نهايتي جزيء التوبولين ذات سطح مكمل للنهاية المقابلة لجزيء التوبولين الثاني؛ لهذا فإنَّهما يلتصقان ببعضهما البعض ويمكنُ بعدها أنْ يلتصقَ توبولين ثالث بنهاية الجزيء الثاني ورابع بنهاية الثالث.. وهكذا. تخيّلْ الأمر كتكديس علب التونة في محلات البقالة حيث تتسوق عائلتي علب التونة، فالقاعدة مشطوبة الحافة[4] ولها نفس قطر الطرف العلوي ذي الحافة المستقيمة لذا تتكدس كل واحدة فوق الأخرى بإحكام ولو ضُربت هذه الحزمةُ ضربةً عاديةً ستظل العلب في مكانها.

إنْ كدّستْ علبتي تونة رأسًا لرأس بدلًا من رأس لقاعدة، فلن يكونَ تكدسُهُما محكمًا، ويمكن أنْ يحرّكا بضربة عادية علاوة على ذلك؛ إنْ كانَ هناك تونةٌ من النوع (X) ليس لها قاعدة مشطوبة فلن تتكدس علبها بإحكام على بعضها لأنَّ العُلبَ ليست ذات أسطح متكاملة. إنَّ ترابطَ جزيئات التوبولين أكثر دقة من تراص علب التونة هذا رغم وجود الآلاف من البروتينات المختلفة داخل الخلية، وعلى التوبولين الحرص على الارتباط فقط مع التوبولينات الأخرى –وليس مع أيّ بروتين يأتي في طريقه–. ربما بعد ذلك يجدر بنا التفكير في التوبولين كعلبة تونة بعشرة بروزات على شكل إبْرٍ قصيرةٍ موزعةٍ على السطح العلوي، وعشر فجوات في الأسفل مطابقة تمامًا لأماكن البروزات في الأعلى. الآن لا يمكنُ لأيَّة علبة تونة أنْ تتكدس بالصدفة مع أيِّ نوع آخر من العلب.

للتوسّع في هذا التشبيه بالتونة سنفترض أنَّ لدينا العديدَ من البروزات خارجة من إحدى جانبي العلبة، وهي متكاملة تقريبًا –لكن ليس تماما– مع الفجوات الموجودة في الجانب المقابل، وعليه سنكدّس العلبَ مع بعضها جنبًا إلى جنب ولأنَّ الفجوات ليست مقابلة تمامًا للبروزات، فعند وضع مزيد من العلب مع بعضها ستلتف بالنهاية مكونة حلقة مغلقة، وبتكديس الحلقات فوق الحلقات فنحنُ في النهاية –بعد خلط استعاراتنا تماما– سنصنع هيكلًا مثل المدخنة من علب التونة.

---

[4] حافة ذات زاوية قائمة.

على الرغم من أنَّ التوبولين يمتلك الطاقة ليرتبط بنفسه مكوّنًا أُنَيبيبات، إلَّا أنَّ هذه الأُنَيبيبات لا تتجمع دون مساعدة بروتينات أخرى؛ وهناك سبب وجيه لذلك: فالأُنَيبيبات لها عدة وظائف في الخلية ومعظمُ هذه الوظائف تحتاج لأُنَيبيبات فردية غير مجتمعة، لكن لوظائف أخرى -مثل الحركة الهدبية- تظهر الحاجة لحزم من الأُنَيبيبات. ولذا تنتشرُ الأُنَيبيبات المفردةُ مثل العصي في لعبة (التقاط العصي)،[٥] إلَّا في الحالات التي تتجمع فيها عمدًا لأداء وظيفة محددة.

في الصور الفوتوغرافية التي التقطتْ بالمجهر الإلكتروني، يمكننا مشاهدة أنواع مختلفة من الوصلات تربط الأُنَيبيبات المفردة مع بعضها.(انظر الشكل ٣-٢) هناك بروتين يشكل جسرًا بين الأنيبيبين اللذين في وسط الهدب، ويبرز أيضًا من كلّ أُنَيبيب مضاعف وتدٌ شعاعيٌّ Radial Spoke يتجه نحو مركز الهُدْب، لتنتهي الأوتاد الشعاعية بكتلة عقدية تسمى (رأس الوتد Spoke Head). وأخيرًا يربط بروتين يسمى (النيكسين nexin) كلَّ أُنَيبيب خارجيٍّ مضاعف مع الآخر الذي بجانبه.

يزخرف بروزان آخران كلَّ أُنَيبيب محيطي؛ ويُسميان بالذراع الخارجي والذراع الداخلي. أثبت التحليل الكيميائيُّ الحيوي أن هذه البروزات تحتوي على بروتين يسمى (الداينين dynein)؛ وهو من البروتينات التي تسمى بـ(البروتينات المُحرّكة Motor Proteins)، والتي تعمل كمُحرّك دقيق داخل الخلية، مزوّدةً الحركة الميكانيكية بالطاقة.

كيف يعمل الهدْب؟

معرفةُ بُنية آلة معقدة ومعرفةُ كيف تعمل هما شيئان مختلفان؛ حيث يمكن لأحدهم أنْ يفتحَ غطاءَ محرّك السيارة ويمضي وقتًا في التقاط صور للمحرك، لكن هذه الصور بحد ذاتها لن تعطي فكرةً واضحةً عن قيام الأجزاء المختلفة بوظائفها؛ فلكي تعلم كيف يعمل الشيء يتوجبُ عليك تفكيكُهُ وإعادةُ تجميعِهِ متوقفًا بعد كل مرحلةٍ لترى هل الوظيفة أُستعيدت تمامًا، وحتى هذا قد لا يقودك إلى آلية عمل الآلة بدقة؛ لكنَّهُ يعطيك على الأقل معرفةً عمليةً بأهمية الأجزاء المتفاوتة في أداء الوظيفة الكلية.

---

[٥] لعبة (التقاط العصي Pickup Sticks) : عبارة عن مجموعة عصي يتراوح طولها من ٣ إلى ٨ بوصات، يتم نثرها على طاولة، فتكون متشابكة، وعلى كل لاعب استخراج إحدى العصي دون أن يسقط الباقي.

الاستراتيجيةُ الأساسيةُ لعلم الكيمياء الحيوية في هذا القرن كانت تفكيك الأنظمة الجزيئية ومحاولة إعادة تركيبها من جديد، وقد أنتجتْ هذه الاستراتيجية مدخلات (insights) هائلةً حول العمليات التي تتم في الخلية.

هذا النوعُ من التجارب أعطى علماءَ الكيمياء الحيوية لمحاتٍ عن كيفية عمل الهدب؛ اللمحة الأولى: كانتْ من الأهداب المعزولة، فمن حسن الحظ أنَّ الأهدابَ مرتبةٌ في الخلايا بحيْثُ يمْكنُ عزْلُها عنها بالخض القوي، لتتكسرَ الزوائدُ بالشكل المطلوب، ومن ثَمَّ يتمُّ إخضاع المحلول لطرد مركزي على سرعة عالية، الأمر الذي يجعل الجسيمات الكبيرة الثقيلة تترسب بسرعة أكبر من الجسيمات الأصغر حجمًا والأخف وزنا، فنتمكن من الحصول على محلول نقي من الأهداب في أنبوب الاختبار. وإذا تمَّ فصلُ الأهداب عن غشائها وتزويدها بشكل من الطاقة الكيميائية يدعى (ATP)، فإنَّها ستبدأُ بالتخبط في حركة مميزة تشبه الخفق؛ وهذه النتيجة تبين أنَّ محركَ الحركةَ الهدبية موجود في الهدب ذاته، لا في الخلية التي انفصل عنها خلال التجربة.

اللمحة التالية: أنَّهُ إذا تمَّ بحيلةٍ كيمائيةٍ حيويةٍ ما إزالةُ ذراعي الداينين dynein مع بقاء بقية الهدب سالمًا فإنه يصاب بالشلل، كما لو أنه في حالة من التيبس الموتي (rigor mortis). بينما لو أضيف الداينين من جديد للأهداب المتصلبة فإنها تستعيد حركتها؛ لذلك يبدو أن محرك الأهداب مصدره ذراعي الداينين.

التجارب اللاحقة أعطت لمحات أكثر؛ فهناك نوعٌ من الإنزيمات تدعى البروتييزات (proteases) لديها القدرة على قضم غيرها من البروتينات وتفكيكها إلى أحماضها الأمينية الأساسية. حين تضاف كمية صغيرة من البروتييز إلى محلول الأهداب لفترة قصيرة فإنَّهُ يقوم بسرعة بكسْر روابط النيكسين (Nexin) على حافة جسم الهدب فيما يبقى بقية جسمه سالما.

السبب وراء سرعة البروتييز في كسر روابط النيكسين دون غيرها من البروتينات في جسم الهدب يكمن في مرونة سلسلتها ورخاوتها، وبالتالي عدم التفافها حول بعضها بشكل معقد ومحكم كما باقي البروتينات. بسبب هذه الرخاوة يقوم البروتييز بكسر روابط النيكسين بالسهولة التي يقص بها المقص شريطًا من الورق، وفي مقابل نرى صعوبة قيام البروتييز بتكسير البروتينات المعقدة كمقص يقص كتابًا مغلقا. فالبروتييز مكن علماء الكيمياء الحيوية من التعرف على عمل الهدب دون روابط النيكسين.

ما الذي سيحدثُ للهدب بدون هذه الروابط؟ ربما سيعمل بشكل طبيعي دون أن يتأثر أوْ قد يصاب بالتصلب -كما حدث له حين أزيلت أذرع الداينين-.

في الحقيقة لم يحدث أيٌّ من هذين الاحتمالين، إنما قامت الأهداب التي كسرت منها روابط النيكسين بفعل غير متوقع! فحين زُوّد الهدب بطاقة كيميائية حيوية قام بفتح نفسه بسرعة بدلًا من الانحناء، بدأت الأنيبيبات (microtubules) بالانزلاق فوق بعضها -كما تشد قطع هوائي المذياع لفتحه-، واستمرت الأنيبيبات بالانزلاق حتى زاد طولُ الهدب عشر مرات. خلص علماءُ الكيمياء الحيوية من هذه النتيجة إلى أنَّ محركَ الهدب كان يعملُ إذْ أنَّ شيئًا ما يجب أنْ يتحركَ لتتحرك الأنيبيبات، وخلصوا أيضًا إلى أنَّ روابطَ النيسكين ضروريةٌ لتمكين الهدب من الانحناء والحفاظ على شكله أثناء انحنائه.

هذه اللمحاتُ قادتْ إلى نموذجٍ لكيفية عمل الهدب (أنظر الشكل ٣-٢)؛ تخيَّل عدَّةَ أعمدةٍ مُشيّدة من عُلَبِ التونة المترابطة بقوة مع بعضها وتتصلُ هذِه الأعمدةُ بأسلاكٍ رخوة، يتصل بأحد أعمدة علب التونة محركٌ صغيرٌ به ذراعٌ يتصلُ بعلبة تونة في العمود المجاور وذراعُ المحرك يسحبُ العمودَ الثاني إلى الأسفل فينزلق العمودان فوق بعضهما، وفي هذه الأثناء تتمدد الأسلاك وتصبح مشدودة، فعندما يزداد الضغط عليها تتسبب في انحناء الأعمدة؛ وهكذا تتحول الحركةُ الانزلاقية إلى حركة انحنائية.

لنترجم هذا المثال إلى مصطلحات كيميائية حيوية؛ ذراعا الداينين على أحد الأنيبيبات تصله بالأنيبيب المجاور، وتستخدم الطاقة الكيمائية الحيوية (ATP) لتحريك جارها وهنا تنزلق الأنيبيات المتجاورة فوق بعضها. في غياب روابط النيكسين تستمر الأنيبيبات في الانزلاق عموديًّا حتى تنفصل عن بعضها، ولكن بوجود هذه الروابط فإنها تمنع انزلاق الأنيبيات لمسافة طويلة وحين تتمددُ روابطُ النيكسين المرنة إلى حدها الأقصى تقوم بجر الأنيبيبات، وبينما يستمر الداينين بالحركة يزدادُ الضغطُ على روابط النيكسين، ولحسن الحظ فإنَّ مرونةَ النيكسين تحول الحركة الانزلاقية التي يتسبب بها الداينين إلى حركة انحنائية.

والآن لنجلس ونراجع أعمالَ الهدب لنرى ما الذي تتضمنه وما المكونات التي يحتاجها الهدبُ ليعمل؟

الحركةُ الهدبيةُ بالتأكيد تحتاجُ إلى أنيبيبات وإلَّا لنْ تكونَ هناك ضفائرُ تنزلقُ فوْقَ بعضها. أيضًا تحتاجُ إلى محرك وإلَّا فإنَّ الأنيبيبات ستبقى جامدةً بلا حراك، إضافة إلى ذلك فإنَّها تحتاج إلى روابط لتجرَّ الضفائرَ المجاورة محولةً الحركةَ الانزلاقيةَ إلى حركةٍ انحنائية، ومانعة جسم الهدب من التخرب. كل هذه الأجزاء ضرورية للقيام بوظيفة واحدة وهي الحركة الهدبية. وكما أنَّ مصيدةَ الفئران لنْ تعملَ إلَّا بوجود جميع أجزائها؛ فإنَّ الحركةَ الهدبيةَ ببساطة لا يمْكِنُ أنْ تنجزَ بلا أنيبيبات أوْ محركاتٍ أوْ روابط؛ ولذا نستطيعُ أنْ نخلصَ إلى أنَّ الهُدْبَ معقدٌ بما لا يدع مجالًا للرفض.

حقاً إنَّ الهدبَ معقد –ويجب ألَّا يتفاجئ أحد–؛ سابقًا في هذا الفصلَ رأينا أنَّ نظامَ الحركة المائية يحتاجُ إلى مجدافٍ يلامس الماء ومحركٍ يحركه ورابطٍ يربطُ بينهما. كل الأنظمة التي تعتمد على التجديف –بدءًا من لعبة السمكة الخاصة بطفلتي الصغيرة وانتهاءً بمحرك السفينة– تفشل إذا غابَ عنها أحدُ مكوناتها. وينتمي الهدب إلى هذا الصنف من أنظمة الحركة المائية؛ فالأنيبيبات هي المجاديفُ والداينينُ هو المحركُ وأذرعُ النيكسين هي الروابطُ التي تنقلُ الحركة من أنيبيب إلى آخر مجاور.[2]

إنَّ التعقيدَ في عمل الهدب وأنظمة الحركة المائية الأخرى أصيلٌ في وظيفتها ولا يعتمدُ على صغر حجم النظام أو كبره –وما إذا كانت وظيفته تحريك خلية أو تحريك سفينة–. السؤال الآن كيف ظهر الهدب؟

طريق غير مباشر

بعضُ علماء الأحياء التطوريين–مثل ريتشارد دوكينز– لديهم مخيلةٌ خصبة، فإنْ أُعطوا نقطةَ بدايةٍ يمكنهم في أغلب الأحيان أنْ ينسجوا قصةً ليصلوا إلى أيّة بنية حيويةٍ أرادوها. الموهبة يمكن أنْ تكونَ فذَّةً ولكنها سلاح ذو حدين؛ فعلى الرغم من أنه يمكنهم التفكير في طرق تطورية قد تفوت غيرهم من الناس، إلا أنهم في الوقت ذاته يتجاهلون تفاصيل وعقبات قد تفسد تصوراتهم؛ فالعلم –في الوقت ذاته– لا يمكنه تجاهل التفاصيل ذات العلاقة، وعلى المستوى الجزيئي كل التفاصيل تصبح مهمة، فإنْ غابت عزقة أو برغي جزيئيان قد يتوقف النظامُ كلُّهُ عن العمل.

ولأنَّ الهدبَ معقدٌ فلا يمْكِنُ لأيِّ طريقٍ تدريجيٍّ مباشرٍ أنْ يقودَ لإنتاجه ولذلك فإنَّ القصةَ التطوريةَ للهدْبِ يجبُ أنْ تضعَ في تصورها طريقًا ملتفًا ربما باسْتخْدام أجزاء تستخدم بالأساس لوظائف أخرى.

إذًا لنحاول أنْ نتخيلَ طريقًا غيْرَ مباشرٍ لإنتاجِ الهدب باستخدام أجزاءٍ أخرى موجودةٍ في الخلية سابقا.

بدايةً فالأنيبيبات موجودةٌ في عدة خلايا وتستخدم عادةً كوحدات بنائية داعمة – كالعوارض– لتعطي الخليةَ شكلَها. أيضًا نجد البروتينات الحركيةَ ضالعةً في وظائف كنقل الحمولات من طرف لآخر في الخلية؛ حيث تستخدم الأنيبيبات كشوراع سريعةٍ صغيرةٍ للانتقال من نقطة إلى أخرى. إنَّ الجدليةَ التطوريةَ غيْرَ المباشرة قد تقترحُ أنَّه: في نقطةٍ ما تجمعتْ عدةُ أنيبيبات معًا –لِنَقُلْ– لدعم شكل الخلية، وبعد ذلك سنحت الصدفة لبروتين حركي كي يستخدمَ الأنيبيبات في تنقله ويعتاد على ذلك. إنَّ القدرةَ على تحريك أنيبيبين متجاورين – متسببًا في حركة انحنائية طفيفة– مكَّنَت الجسمَ من البقاء على قيد الحياة بشكلٍ ما، ثُمَّ حدثتْ بعضُ التعديلات الصغيرة التي أنتجتْ الهدْبَ الموجودَ في الخلية الحديثة. يبدو هذا الافتراضُ مغريًا على الرغم من أنَّهُ يتجاهلُ تفاصيلَ دقيقة، لكن السؤالَ الذي يطرحُ نفسَهُ على هذا الافتراض غير المباشر –وهو السؤال الذي يضيق به كثير من علماء الأحياء التطوريون ذرعًا– هو: كيف حدث ذلك بالضبط؟

لنفترض أنَّك تريدُ صنْعَ مصيدةٍ فئران، ووجدت في مرآب بيتك قطعةَ خشبٍ قديمةً لتستخدمها كقاعدة للمصيدة، ونابضًا من ساعة ربط قديمة وقطعةً معدنيةً على شكل عتلة لتستخدمها كمطرقة المصيدة وإبرةَ خياطةٍ لتستخدمها كقضيب حامل وغطاءَ قنّينةٍ بارزٍ لتستخدمه كفخ. لكن هذه الأجزاء لا يمكن لها أنْ تعملَ ضمن مصيدة فئران دون تعديلات كثيرة عليها، وأثناء إجراء هذه التعديلات لنْ يعودوا قادرين على العمل في مصيدة فئران؛ لأنَّ وظائفَهم السابقة تجعلهم غيْرَ مناسبين للقيام بوظائف جديدة ضمن نظام معقد.

في حالة الهدب هناك مشاكلُ متناظرة؛ فالبروتين المعدل الذي اقترن بالصدفة مع الأنيبيبات سيوقف عملها كشوارع سريعة صغيرة للنقل، والبروتين الذي ربط بين أنيبيبين بلا تمييز سيخرب شكل الخلية، كما يخرب شريط موضوع بطريقة خاطئة بناءً إذا جذبت عوارض

البناء فجأة، كذلك الرابط الذي ربط الأنيبيبات في حزم لغرض الدعم البنائي للخلية - يجعلها أقل مرونة على عكس روابط النيكسين المرنة.

إضافة إلى أنَّ البروتين الحركي الذي ارتبط مؤخرًا بالأنيبيبات قد يدفعها بعيدًا عن بعضها في الوقت الذي يجبُ أنْ تكونَ فيه قريبةً من بعضها.

الهدب الأولي لنْ يكونَ على سطح الخلية، وإنْ كان داخلها فإنَّ تخبطَهُ في الداخل قد يخرب الخلية. لكن حتى لو كان على السطح قد لا يكون عددُ البروتينات الحركية كافيًا لتحريكه ولو تحرك فإنَّ أيّة ضربة غريبة قد توقف الخلية، وإنْ تحركت الخلية ستكون حركتها عشوائية تستخدم الطاقة دون أنْ تنتفعَ الخليةُ بها. هناك مئات المصاعب الأخرى التي يجب تخطيها قبل أنْ نعتبرَ الهدبَ إضافةً مفيدة للخلية.

على أحدهم أن يعرف

الأهدابُ بِنْيَةٌ خلابةٌ أسرت العلماء من مختلف التخصصات؛ فالتحكم بحجمها وبنيتها أثار اهتمامَ علماء الكيمياء الحيوية، وديناميكية حركتها جذبت علماء الفيزياء الحيوية، فيما كان تمثيل عدة جينات منفصلة تعود لأجزائها قد أخذ بألباب علماء الأحياء الجزيئية، وحتى الأطباء قاموا بدراستها لأهميتها الطبية؛ حيث تتواجد في بعض الأحياء الدقيقة الناقلة للعدوى، كما أنَّ الأهدابَ في الرئة تتعرض للانسداد في مرض التليف الكيسي (Cystic Fibrosis) الجيني المنشأ.

إنَّ إجراء بحثٍ إلكترونيّ سريعٍ للمنشورات العلمية التي كتبت في السنين القليلة السابقة سيظهر أكثر من ألف ورقةٍ بحثيَّةٍ تحتوى كلمة (الأهداب) أوْ كلمة مشابهة في عنوانها، هذه الأوراق البحثية نشرت تقريبًا في كل مجلات الكيميائية الحيوية الرئيسية، مثل: (Science, Nature,Proceedings of the National Academy of Sciences, Biochemistry, Journal of Biological Chemistry, Journal of Molecular Biology, Cell,) وغيرها كثير. في العقود القليلة الماضية نشرت حوالي عشرة آلاف ورقة بحثية حول الأهداب.

وبما أن هناك هذا العددَ من المنشورات العلمية حول الهدب، وأنها محلُ اهتمام مجالات علمية متباينة، وحيث إنَّ مقولةَ "نظرية التطور هي أساس علم الأحياء الحديث كله" منتشرة بشكل واسع؛ فإنَّ أحدنا يتوقع أنَّ عددًا لا بأس به من الأوراق البحثية ذات المستوى المهني

المنشورة حول الهدب تبحث في تطوره. وربما تكون بعض التفاصيل أصعب تفسيرًا من غيرها إلَّا أنَّنا نتوقع أنَّ العلمَ بكليتِهِ يمتلكُ تصورًا محكمًا حول كيفية تطور الهدب.

إنَّ المراحلَ الوسيطةَ التي يحتمل أنَّهُ مرَّ بها والمشاكل التي قد تواجهه في المراحل المبكرة، والطرق المحتملة لتخطي هذه المشاكل، وكفاءة الهدب الأولي المفترض كنظام حركة مائية.. كل ذلك من المتوقع أنَّهُ تمَّ العملُ عليه بشكل مكثف. لكن الحقيقة أنَّهُ في العقدين السابقين كان هناك ورقتان بحثيتان فقط حاولتا اقتراح نموذج لتطور الهدب يحتوي اعتبارات ميكانيكية حقيقية، لكن الأسوأ أنَّ الورقتين مختلفتان حتى على المنحى العام الذي يمكن لتطور الهدب أنْ ينحوه، ولمْ تناقشْ أيًّا من الورقتين تفاصيل كمية مهمة أوْ مشاكل متوقعة قد تعجل من جعل آلة ميكانيكية كالهدب أو مصيدة الفئران بلا فائدة.

الورقة الأولى ألّفها (ت. كافالييه-سميث T. Cavalier-Smith)، وظهرت عام ١٩٧٨م في مجلة (BioSystems)[3]؛ إنَّ الورقةَ لا تحاول أنْ تقدمَ نموذجًا واقعيًّا كميًّا -ولا حتى لخطوة واحدة- لتطور الهدب في خط خلوي يفتقده في الأصل، إنَّما ترسمُ صورًا تخيلها المؤلف حوْلَ ما يمكن أنْ يكونَ أحداثًا مهمةً قادتْ إلى نشوء الهدب. هذه الخطوات المتخيلة موصوفةٌ بعبارات مثل: "الأسواط (flagella) -الأهداب الطويلة تدعى عادة أسواطًا- معقدة لدرجة أنَّ تطورَها لابُدَّ أنْ يكونَ مرَّ بمراحل عدة"، "أقترح أنَّ الأسواطَ لمْ تكنْ متحركةً من البداية، وإنَّما كانتْ امتدادات نحيلة للخلية"، "الأجسام قد تتطور إلى بنى عضوية متنوعة جدا"، "من المحتمل أنَّ آليات كالانتحاء الضوئي (phototaxis) تطورت بالتزامن مع تطور الأسواط".

هذه الاقتباسات تعطي فكرة عن التصورات الكلامية المشوشة التي يتميز بها علم الأحياء التطوري؛ فهناك افتقارٌ لأيّة تفاصيل كميّة -مثل حساب أو تقدير مبني على بنية وسيطة مفترضة لكمية تأثير أيِّ تعديلٍ على تحسين قدرة الهدب على السباحة-، مما يجعل هذه القصة كلها بلا فائدة في فهم كيفية تطور الهدب حقا.

دعني أسرعُ لأضيفَ أنَّ الكاتب -وهو عالم معروفٌ له مساهماته الهامة في علم الخلية الحيوي- لم يكنْ يظنُّ أنْ يرجعَ أحدٌ إلى ورقته ليستقي منها نموذجًا واقعيًا، لقد حاول أنْ يكون محرّضًا فقط، آمِلًا أن يغري عاملين آخرين بنموذجه الموعود، الغامض، ليقودهم لعمل

شيء ما لإحيائه؛ تحريض كهذا يمكن أنْ يقدمَ خدمةً كبيرةً في العلم، لكن لسوء الحظِّ لمْ يبنِ أحدٌ على نموذجه في السنين اللاحقة.

الورقةُ الثانيةُ ألَّفها –بعد تسع سنوات من الأولى– العالمُ المجريّ (Eors Szathmary)، وظهرتْ أيضًا في مجلة (BioSystems) متشابهة بعدة أوجه مع الورقة التي سبقتها.[4] يعدّ (Szathmary) هو محامي الفكرة التي خرجت بها (Lynn Margulis)، والتي تنص على أنَّ الأهداب نشأت عندما وصلت بكتيريا عائمة تدعى (سبايروكيت spirochete) نفسَهَا بخلية حيوية رئيسية عن طريق الصدفة.[5] تواجه الفكرة صعوبة حرجة؛ لأنَّ السبايروكيتات تتحرك بآلية مختلفة تمامًا عن تلك الخاصة بالأهداب، وافتراضُ أنَّ أحدهما تطور نحو الآخر يشبه الافتراض بأنَّ السمكةَ لعبة ابنتي ستتطور خطوة فخطوة –حسب داروين– إلى أنْ تصبحَ قاربًا بخاريًّا في الميسيسيبي.

لم تكن (Margulis) مهتمة بالتفاصيل الميكانيكية، بل كانت قانعةً بالبحث عن أوجه الشبه العامة بين مكونات الأهداب والأنظمة البكتيرية العائمة. حاول (Szathmary) الذهاب أبعد قليلًا؛ حيث ناقش الصعوبات الميكانيكية التي يجب تخطيها في هكذا طرح، لكن ورقته البحثية لا تعدو كونها صورًا كلامية بسيطة –مثل ورقة Cavalier-Smith– تقدم للمجتمع العلمي نموذجًا غير مكتمل، وينقصه المزيد من العمل. لقد فشل هذا النموذج في الحث إلى عمل نظري أو تجريبي كهذا الذي كان يطمح، سواءً لدى الكاتب أو لدى غيره.

اصطدم (Margulis وCavalier-Smith) كتابيًّا في السنوات الأخيرة[6]؛ كان كل منهما يشير إلى المشاكل الكبرى في نموذج الآخر ولقد كانا على صواب، لكن الأمر القاتل هو أنَّ أحدهما لمْ يملأْ الفراغات التفصيلية الآليةَ في نموذجه الخاص، وبدون هذه التفاصيل يصبح النقاش غير علمي وغير مثمر. المجتمع العلمي أهمل مساهمات كل منهما ولا يتعدى عدد المرات التي ذكر فيها علماء آخرون ورقة أيٍّ منهما كمرجع؛ عدد أصابع اليد الواحدة في السنوات التي تلت النشر.[7]

كمية البحث العلمي الذي أنجز –وينجز– حول الهدب، والزيادة الكبيرة في فهمنا لكيفية عمله في العقود الماضية قادت كثيرًا من الناس إلى الاعتقاد أنّ أحدًا عليه أن يعرف كيف نشأ الهدب، حتى ولو لم يعرفوا هم أنفسهم كيف. لكن بحثًا في المنشورات العلمية ذات المستوى المهني يثبت خطأ افتراضهم؛ فلا أحد يعلم.

السوط البكتيري

نحن البشرُ لدينا اعتقادٌ بتفوقنا ورفعة مكانتنا، وهذا التوجه يصبغ إدراكنا للعالم الحيوي؛ بالتحديد إدراكنا لما هو أعلى أوْ أسفل في علم الأحياء ما هو بدائيٌّ وما هو متطور، حيث يبدأ عادة بافتراضنا أنَّنا نمثل قمة هرم الطبيعة.

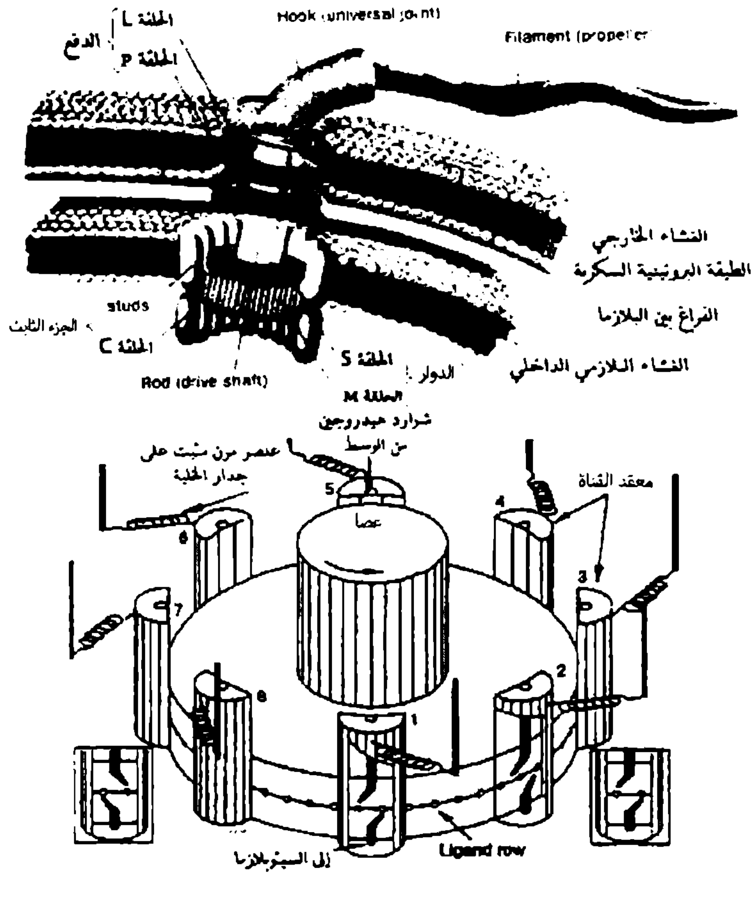
يمكنُ الدفاعُ عن هذا الافتراض بالإشارة إلى تسيُّدِ الإنسان أوْ باستخدام الطروحات الفلسفية وعلى الرغم من ذلك فإنَّهُ لو قدر لبقية الكائنات أنْ تتكلمَ لدافعتْ بشدة عن تفوقها الخاص بما فيها البكتيريا التي كثيرًا ما نظنها أحقر أشكال الحياة شأنا.

بعض البكتيريا لديها أداة عومٍ مبهرة؛ ألا وهي السوط (flagellum)، والذي ليس له نظير في خلايا أكثر تعقيدًا.[8] في عام ١٩٧٣م اكتُشِف أنَّ بعضَ البكتيريا تعوم عن طريق تدوير سوطها؛ إذًا فالسوط البكتيري يعمل كدافعة دورانية، على العكس الهدب الذي يعمل كمجداف.

بنية السوط (الشكل ٥-٣) مختلفة بوضوح عن بنية الهدب. السوط خيط طويل يشبه الشعرة مثبت في غشاء الخلية، الجزء الخارجي من الخيط يتكون من نوع واحد من البروتين يسمى فلاجيللين (flagellin)، وخيط الفلاجيللين هو سطح المجداف الذي يلامس السائل أثناء العوم، ثم في نهاية خيط الفلاجيللين -قرب غشاء الخلية- يوجد انتفاخ في سماكة السوط؛ وهذا هو مكان اتصال الخيط بالمحرك الدوراني. تحتوي المادة الرابطة شيئاً يدعى البروتين الخطاف (hook protein)، وعلى العكس من الهدب؛ لا يحتوي خيط السوط البكتيري بروتينًا محركًا إذا كسر منه يطفو جامدًا على الماء، لذلك دافعة الخيط -ولا بد- موجودة في مكان آخر. أظهرت التجارب أنها موجودة في قاعدة السوط؛ حيث يظهر المجهر الإلكتروني عدة بنى حلقية.

الطبيعة الدورانية للسوط لها تبعات واضحة لا يمكن تجنبها؛ كما ورد في مقرر دراسيٍّ مشهورٍ للكيمياء الحيوية: "المحرك البكتيري الدوراني يحتوي بالضرورة على العناصر الميكانيكية الموجودة في الأجهزة الدورانية الأخرى: عنصر يدور وعنصر ساكن".[٩] العنصر الذي يدور عرّف على أنه الحلقة (M) في (الشكل ٣-٣)، والعنصر الساكن على أنه الحلقة (S).

الطبيعية الدورانية للسوط البكتيري كانت اكتشافًا مفاجئا وغير متوقع؛ فعلى عكس الأنظمة الأخرى التي تُنتج حركة ميكانيكية –كالعضلات مثلا–، نجد المحرك البكتيري لا يستهلك الطاقة المخزنة في جزيء حامل –مثل ATP– بشكل مباشر.



(الشكل ٣–٣) الأعلى: رسمة للسوط البكتيري تظهر الخيط والخطاف والمحرك المثبت في غشائي الخلية –الداخلي والخارجي– وحائط الخلية. الأسفل: أحد النماذج المقترحة لعمل المحرك الدوراني الذي يعمل عبر تدفق البروتونات، النموذج يبين تعقيد المحرك الداخلي، وهو غير مشروح في النص.

بدلًا من ذلك فإنَّهُ يستخدمُ الطاقةَ الناتجةَ عن تدفق البروتونات عبر غشاء الخلية. إنَّ متطلبات المحرك الذي يعمل على هذا المبدأ معقدة حقا وهي محلُّ البحث المركز. لقد اقتُرِحت عدة نماذج للمحرك ولمْ يكنْ أيٌّ منها بسيطا. والشكل (٣-٣) يظهر أحد هذه النماذج لإعطاء القارئ فكرة عن التعقيد المتوقع لهذا المحرك.

السوط البكتيري يستخدم آلية التجديف؛ لذلك يجب أنْ يحتوي على متطلبات الأنظمة الحركية المائية الأخرى نفسها، لأنَّ السوط البكتيري لا بُدَّ أنْ يحتوي على الأقل ثلاثة أجزاء: مجداف، ودوار، ومحرك. فإنَّهُ معقدٌ دون شك. إنَّ التطورَ التدريجيَّ للسوط -مثل الهدب- يواجه عقبات ضخمة.

المنشوراتُ العلميةُ العامةُ ذاتُ المستوى المهني حول السوط البكتيري غنيةٌ بقدر غنى المنشورات العلمية حول الهدب، وآلاف الأوراق البحثية نشرت حول الموضوع عبر السنين. ليس ذلك مفاجئا؛ فالسوط نظامٌ فيزيائيٌّ حيويٌّ مبهرٌ والبكتيريا المزودةُ بالأسواط مهمةٌ طبّيا. لكننا نرى أنَّ المنشورات العلمية التطورية مفقودة تماما، فحتى لو قلنا إنَّ علمَ الأحياء بكليته لا بد أنْ يُرى من خلال عدسة التطور، فإنَّنا لم نرَ عالمًا واحدًا ينشر نموذجًا يشرح التطور التدريجي لهذه الآلة الجزيئية الخارقة.

الأمر يزداد سوءا

لقد ذكرت سابقًا أنَّ الهدبَ يحتوي على تيوبيولين وداينين ونيكسين وعددٍ من البروتينات الرابطة الأخرى، فإذا جمعت هذه البروتينات وحقنتها بخلية لا تمتلك هدبا لنْ يتركبوا ليعطوا هدبًا فعّالًا المطلوب أكثر من ذلك بكثير للحصول على هدب في خلية.

التحليل الكيميائي الحيوي الشامل يظهر أنَّ الهدبَ يحتوي أكثر من مئتي نوع مختلف من البروتينات. إنّ التعقيد الحقيقي للهدب أكبر بكثير مما عرضناه؛ فكل الأسباب لهذا التعقيد ليست واضحةً بعد، وتنتظر مزيدًا من التحري التجريبي. والوظائف الأخرى المحتملة للبروتينات تتضمن تثبيت الهدب بقاعدة داخل الخلية وتعديل مرونة الهدب وضبط توقيت حركته وتدعيم الغشاء الهدبي.

السوط البكتيري يحتاج إلى حوالي أربعين بروتينًا آخر لوظيفته، غير الذين تمت مناقشتهم.مرة أخرى؛ الأدوار المحددة لمعظم البروتينات ليست معروفة، ولكنها تتضمن إشاراتٍ لتشغيل المحرك وإيقافه وفتح مسارب بين البروتينات لتمكين السوط من اختراق الغشاء الخلوي وحائط الخلية والمساعدة في تركيب البنية السوطية وضبط إنتاج البروتينات التي تكوّن السوط.

باختصار حين بدأ علماءُ الكيمياء الحيوية بتفحص بُنًى بسيطةٍ ظاهريًّا اكتشفوا تعقيدًا صادمًا وعشراتٍ بل مئاتٍ من الأجزاء المصممة بدقة. من المحتمل جدًّا أنَّ هناك أجزاءً عدة لم نعرضها هنا، تعتبر ضرورية لأيٍّ هدبٍ كيْ يعملَ في خلية. ومع زيادة عدد الأجزاء الضرورية تحلق صعوبة تطور النظام عاليًا بشكل تدريجي وتغرق احتمالية الطروحات غير المباشرة عميقاً، ويبدو داروين بائسًا أكثر فأكثر.

البحث العلمي الجديد حول أدوار البروتينات المساندة لا يستطيعُ أنْ يُبسطَ تعقيدَ النظام المتعاظم ولنْ يخففَ من حدة استعصاء المشكلة، التي تزداد سوءًا فقط. النظرية الداروينية لم تعط تفسيرًا للهدب أو السوط، وتعقيد أنظمة الحركة المائية المرهق يدفعنا للتفكير بأنها لن تجد تفسيرًا أبدا؛ فكلما ازداد عددُ الأنظمة المستعصية على التفسير التدريجي كلما تنامت الحاجةُ إلى نوع آخر من التفسيرات.

الأسواط والأهداب ليستْ مشكلةَ الداروينية الوحيدة؛ ففي الفصل التالي سأشرح التعقيد الكيميائي الحيوي الذي يقبع خلف البساطة الظاهرية لعملية تخثر الدم.

الفصل الرابع

روب جولدبيرج في الدم

مادة صباح السبت الكرتونيّة

على الرغم من وفاة الرسام الكاريكاتوري الكبير روب جولدبيرج Rube Goldberg –الّذي قام بتسلية أميركا بآلاته الساذجة– إلا أنّ اسمه مازال راسخًا في ثقافتنا. لقد تعرّفت على فكرة آلة Rube Goldberg حين كنتُ طفلًا يشاهدُ مادة صباح السّبت الكرتونية. كان باغز باني (Bugs Bunny) الكرتون المفضّل لدي. ولقد استمتعت دائمًا بمشاهدة (فوغورن لوغورن Foghorn Leghorn) –ذاك الدّيك المتشدّق–. أتذكّر عددًا من الحلقات التي يكون فيها فوغورن لغورن عالقًا في مجالسة بعض صغار الدّجاج الأذكياء ذوي النظّارات السميكة، بينما تقضي والدته الأرملة وقتها في السوق –غالبًا ما تكون غنيّة–، وفي مرحلةٍ ما؛ ربما يُزعِج فوغورن أحد فِرَاخ الدجاج –صغار السنّ–، حيث يقوم بعد ذلك بالتخطيط للانتقام منه. ويُعرض مشهدٌ قصيرٌ يظهر فيه الفَرْخُ المنزعج يدوّن بسرعةٍ بعض المعادلات على قطعة من الورق؛ يعبّر هذا عن مدى ذكائه –ففي النهاية، يجب أن تكون ذكيًّا جدًا لتدوّن المعدلات بسرعة–، وينذِرُ بأنّ الانتقام سيتمّ بطريقةٍ علميّةٍ دقيقة.

وبعد مشهدٍ أو اثنين يظهر فوغورن يتمشّى، ثمّ يلاحظ قطعة نقود –أو أيّ طُعمٍ آخر– على الأرض، فيقوم بالتقاطه، ولكن هذه القطعة تكون مربوطة بحبل إلى عصا مسنودة على كرة. فعندما تُحرَّكُ قطعةُ النقود، يَسحب الحبل المربوط بها العصا إلى الأسفل، وتبدأ الكرة بالتّدحرج مبتعدة –بينما يحدّق فوغورن إلى الفعل الحادث مندهشا–، ثمّ تصطدم الكرة بحافة أرجوحة عند نهاية المنحدر، دافعةً إيّاها إلى الأسفل، فينطلق حجرٌ –مغلّفٌ بقصاصة من ورق الزّجاج– في الهواء، مندفعًا بسرعةٍ إلى أعلى، حيث تُشعِل ورقةُ الزّجاج عودَ ثقابٍ بارز من المنحدر، والّذي بدوره يُشعِل فتيل مدفع، فيطلِقُ المدفعُ النّارَ؛ وتستقرّ القذيفة في طريق نزولها على حافة قمع يشبه دائرة الروليت –وهو المجال الوحيد للخطأ في هذا السيناريو كلّه– لِتدورَ بضع لفات حول الحافّة، ثمّ تنساب على جسم القمع من حافة إلى حافة أخرى، حيثُ تضرب الرافعة التي ستُشغِّل بدورها منشارًا دائريًا، يقطع الحبل المُمسِك بعمود الهاتف! فيبدأ العمود بالسقوط ببطء، ويدرك فوغورن لغورن –بعد فوات الأوان– أنّ هذا العرض الرّائع كله كان لاستهدافه، وحالما يستدير ليهرب، تضربه النهاية البعيدة لعمود الهاتف على رأسه وتدقه في الأ،ض مثل الوتد.

عندما تفكر في ذلك للحظة، تُدرِك أنّ آلة روب جولدبيرج معقّدةٌ بشكل غير قابل للاختزال -التبسيط-؛ إنّها عبارة عن نظام مفرد مؤلّف من عدّة أجزاءٍ متفاعلةٍ تساهم معًا في الوظيفة الأساسيّة، وإنّ إزالة أيّ جزء من هذه الأجزاء سيسبّب توقّف العمل. على خلاف أمثلة التّعقيد غير القابل للاختزال -كالمُناقَشة في الفصول السّابقة مثل مصيدة الفأر وأهداب حقيقيّات النوى والأسواط الجرثومية- فإنّ نظام الرّسوم الكرتونية ليس قطعةً مفردة؛ حيث تمارس المكوّنات القوّة تجاه بعضها البعض في وقت واحد. في الواقع، هي مؤلّفةٌ من قطعٍ متفرّقةٍ تقوم بدورها -واحدة تلو الأخرى- لإنجاز عملها.

ولأنّ مكوّنات نظام الرّسوم الكرتونية منفصلةٌ عن بعضها زمانًا ومكانًا؛ ينجز أحدها فقط -عمود الهاتف- الهدف النّهائيّ من النّظام -ضرب الضّحيّة على الرّأس-. ومع ذلك، لا يُنقص هذا من تعقيد النّظام؛ لأنّ كلّ مكوّناته ضروريّة لتنفيذ الهجوم في الوقت والمكان الصّحيحين. إذا لم تكن الآلية التي تستهدف سقوط العمود في المكان المناسب، لاستطاع فوغورن أن يمشي طيلة النّهار -ذهابًا وإيابًا- أمام عمود الهاتف دون أن يَلحق به أيُّ أذى.

وكما أنّه يمكن لشخصٍ ما أن يُمسِك فأرًا بمصيدة اللاصق الصمغي -عوضًا عن مصيدة ميكانيكيّة-؛ فإنّ هناك أنظمة أخرى من شأنها أن تُوجّه ضربة ساحقة لفوغورن لغورن: يمكن أن تستعمل مضرب بيسبول، أو أن تضرب العمود بفأسٍ بينما يقف فوغورن في المكان المناسب، أو يمكنك استخدام قنبلةٍ نوويّة عوضًا عن العمود، أو أن تصل الخيط المربوط بالطّعم مباشرة إلى بندقيّة صيدٍ. لكنّ كل من هذه الأنظمة لا يعدّ طليعة داروينيّة للنّظام المستخدم في الرّسوم الكرتونية. لنفترض -على سبيل المثال- أنّ الخيط كان مُثبّتا بورقة نقدية وموصولا مباشرةً إلى المدفع، الذي ربما يصيب الدّيك عندما يلتقط الطّعم! إنّ التّحويل الدارويني لهذا النّظام البسيط إلى نظام أكثر تعقيدًا في الرّسوم الكرتونية يتطلّب إعادة تموضع تدريجيّ للمدفع -موجّهًا إيّاه في اتّجاهٍ مختلف- وإزالة الخيط منه، وإعادة وصله إلى العصا، وإضافة الأدوات الأخرى. على أية حال إنّ النّظام -وبشكل واضح- لن يكون جاهزًا للتّطبيق معظم الوقت؛ ولذلك فإنّ التّحوّل الدّارويني التدريجي -خطوة تلو خطوة- ليس ممكنا.

دائمًا ما يستمتع متابعو أنظمة روب جولدبيرج بمشاهدة هذا العمل الغريب، ويعطون الفكاهة -في التطبيق- مقدارًا كبيرًا من الإبداع لأجل هدف سخيف، لكن في بعض الأحيان

يستخدم نظام معقد لأغراض هامة، وعندها تتضاءل الفكاهة، فلا يبقى إلا الإعجاب بالتفاعل الدقيق بين المكوّنات.

اكتشف علماء الكيمياء الحيويّة عددًا من الأنظمة المشابهة لنظام روب جولدبيرج أثناء بحثهم في طريقة عمل الحياة على المستوى الجزيئي؛ ففي أنظمة الكيمياء الحيويّة يُستبدل (الخيط والعصا والكرة والأرجوحة والصخرة وورق الزّجاج وعود الثّقاب والفتيل والمدفع والقذيفة والقمع والمنشار والحبل وعمود الهاتف) التي في الرّسوم المتحرّكة ببروتيناتٍ ذات أسماء لامعة؛ مثل (طليعة ثرومبوبلاستين البلازمي) أو (مولّد الكينين مرتفع الوزن الجزيئي)، لكن يبقى التّوازن الدّاخليّ والأداء الواضح نفسه.

علب الحليب الكرتونية والأصابع المجروحة

يبدو أنّ تشارلز داروين عندما كان يتسلّق صخور جزر غالاباغوسة ملاحقًا عصافير الدوري -التي من شأنها أن تحمل اسمه في نهاية المطاف- جرحَ إصبعَه، أو ربما خدش ركبته، لكن لأنه شابٌّ مغامرٌ؛ غالبًا لم ينتبه إلى جرحه الذي ينزف، ثم صار شعور الألم حقيقيةً من حقائق الحياة، وكان عليه أن يتحمّل بصبر إذا أراد إتمام عمله.

في النّهاية ربما سيتوقّف تدفق الدّم ويشفى الجرح، لكنّ داروين لن يقوم بتأمّل ما يحدث؛ حيث لم تكن لديه معلوماتٌ كافيةٌ ليكتشف الآليّة الكامنة وراء تشكّل الخثرة. فاكتشاف بنية جزيئات الحياة ظهر بعد ذلك بأكثرَ من قرن. كان داروين مفكّرًا كبيرًا ومبدعًا عظيما، لكنّ لا أحد يستطيع أن يُخمّن المستقبل، وخاصّة في التّفاصيل المهمة.

يعمل الدم بطريقةٍ فريدة؛ فعندما يبدأ التسرب من وعاء يحوي سائل -كعلبة حليب، أو شاحنة صهريجٍ مملوءةٍ بالبنزين- يُستنزَف السّائل، يعتمد معدّل الانسياب على لزوجة السّائل، على سبيل المثال: يتسرّب شراب القيقب[1] ببطءٍ أكثر من الكحول، لكنّ في النّهاية كليهما سيستنزف، ولا يقاوم أيُّ شيء هذا الفعل النشط، في المقابل. عندما يتعرّض شخصٌ ما لجرحٍ فإنّه -وبشكلٍ اعتياديّ- سينزف لفترةٍ قصيرةٍ فقط قبل أن تُوقِفَ الخثرة التّدفّق، وفي النهاية تتصلّب الخثرة، ويُشفَى الجرح تماما. تبدو عمليّة تخثّر الدّمّ معروفةٌ جدًّا لنا لدرجة أنّ معظم

[1] شجرة القيقب تنمو وتزرع في أمريكا الشمالية للحصول على خشبها، وعصارتها حلوة المذاق.

النّاس لا يعطونها الكثير من التفكير، وعلى الرّغم من ذلك قد أظهر الاستقصاءُ الكيميائيُّ الحيويُّ أنّ تخثّر الدم معقّدٌ للغاية؛ حيث يتكوّن النّظام النسيجيّ بشكل معقد من أجزاء بروتينات معتمدة على بعضها، وإنّ غياب أيّ من هذه المكوّنات -أو ظهور عيوب فيها- سيسبّب فشل النّظام؛ فلا يتخثّر الدم في الوقت أو المكان المناسبين.

تترك بعض المهمّات مجالًا للخطأ، على سبيل المثال إنّ الأكثر رعبًا في ركوب الطّائرة بالنّسبة إليّ هو الهبوط. تأتي الكثير من مخاوفي بسبب معرفتي أنّ على الطّائرة أن تتجنّب المنازل والأشجار التي غالبا ما تكون بجانب المطار، وأيضًا من معرفة أنّها يجب أن تتوقّف قبل أن تتجاوز نهاية مدرج الطّائرات. منذ بضعة سنين مضت انزلقت طائرةٌ على المدرّج في مطار (لاغوارديا) في (لونغ آيلاند ساوند)، مما أسفر عن مقتل عدّة أشخاص، وكثيرًا ما نقرأ في عناوين الصّحف خبر تحطّم الطّائرات قرب المدرج. فلو كان طول المدرجات عشرين ميلًا عوضًا عن ميلٍ واحدٍ فسأشعر أنني بأمانٍ أكبر.

إنّ هبوط الطائرات أحد الأمثلة عن نظام يجب أن يعمل ضمن حدود ضيّقة جدًا لتجنّب حدوث كارثةٍ ما، حتّى أنّه كان على (الأخوان رايت)[٢] أن يقلقا حيال الهبوط بشكلٍ مناسب، ستكون الطائرة والركاب في خطر كبير إذا تمّ الهبوط أبكر قليلا أو تأخر الهبوط قليلا أو إذا بدأت الطائرة بالهبوط عند مستوى منخفض أقل بقليل من المطلوب أو عند مستوى مرتفع قليلاً عن المطلوب، لكن تصوّر الصّعوبة الأعظم في هبوط طائرةٍ بواسطة طيّار آليّ -بدون وعي يوجّهه-. إنّ تخثّر الدّمّ يعتمد على طيّار آليّ ويتطلّب دقّة متناهية. عندما يُثقَب نظام دوران الدم المضغوط فيجب أن تتشكّل خثرةٌ بسرعة أو أنّ الحيوان سينزف حتّى الموت، وإذا تخثّر الدم في الوقت أو المكان غير الصّحيحين عندها قد تُوقِف الخثرةُ الدّورانَ كما يحدث في النّوبات القلبيّة والسّكتات الدّماغيّة، أضف إلى ذلك، يجب على الخثرة أن تُوقِف النّزيف على طول الجرح، مُحكِمَةً إغلاقه تماما. ومع ذلك يجب أن يكون تخثّر الدم مقصورًا على الجرح، وإلّا سيتصلّب النّظام الدّمويّ في الحيوان مسببا قتله. وبناءً على هذا، يجب أن يُضبط تخثّر الدم بإحكام. حيث تتشكّل الخثرة فقط في المكان والزمان المطلوبين.

---

[٢] مخترعا أول طائرة بمحرّك.

الترقيع

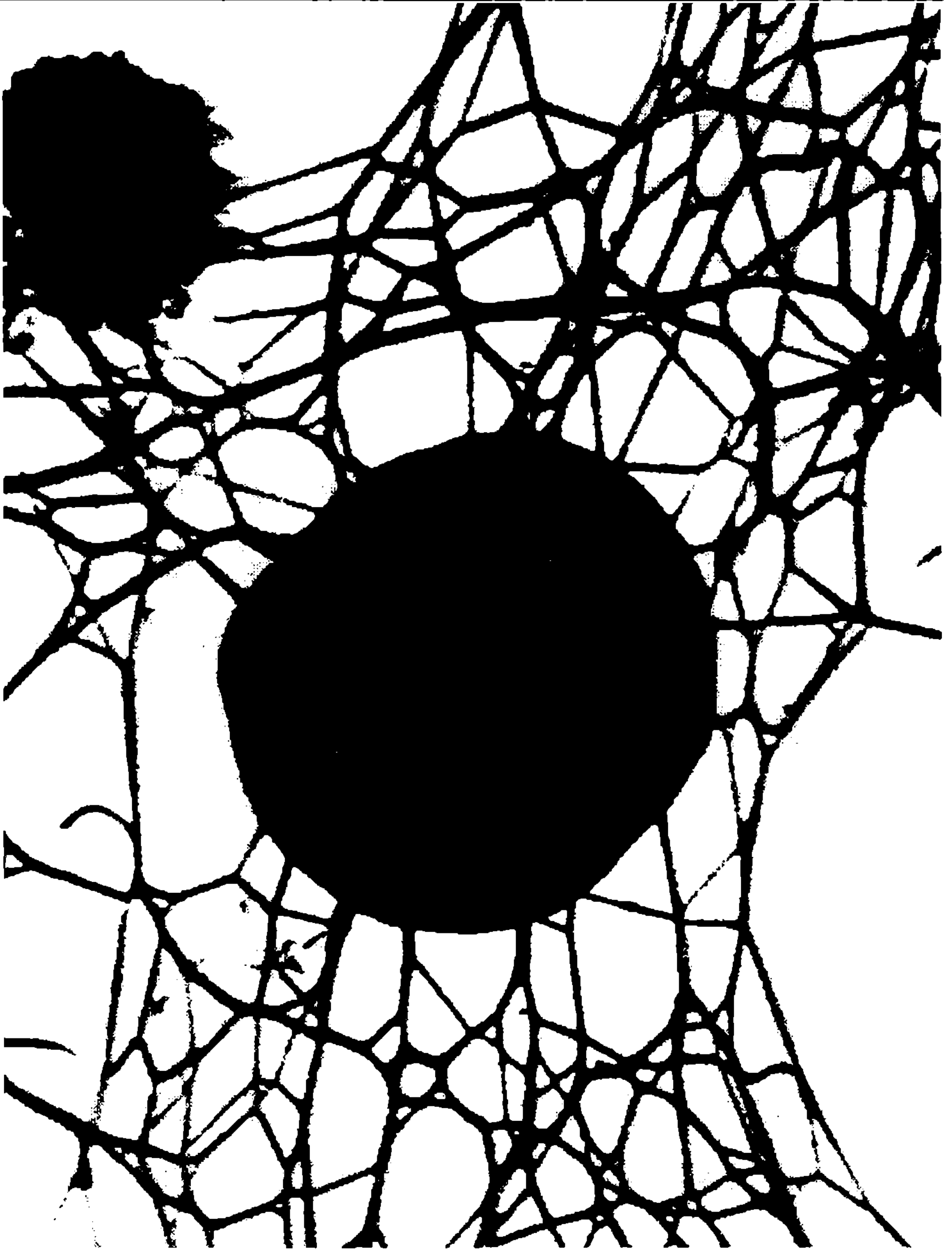
ستتعرّف في الصّفحات القليلة التالية على فريق البروتينات في مباراة تخثّر الدم، وستتعلّم قليلًا عن دورها. ومثل لاعبي فريق رّياضيّ، فإنّ بعض اللّاعبين لديهم أسماء غريبة، لا تقلق إذا ما نسيت أسماء البروتينات أو أدوارها بسرعة، فالهدف من هذه المناقشة لا يكمن في تذكّر ذلك، بالإضافة إلى أنّ أسماء البروتينات والعلاقات بينها ستُعرَض في الشّكل (٤-٢)، لكنّ الغرض هو مساعدتك للشعور بتعقيد عملية تخثّر الدم، ولتحدّد إذا ما كانت قد نشأت خطوة تلو خطوة.

يتألّف حوالي ٢-٣% من بروتينات البلازما -وهي الجزء الذي يبقى من الدم بعد إزالة الكريّات الحمر- من معقّدٍ بروتينيّ يُدعَى فيبرينوجين fibrinogen.[1] يسهل تذكّر الاسم (فيبرينوجين) لأنّ الدّمّ يشكّل أليافًا fibers تكوّن الخثرة، لكن يعدّ الفيبرينوجين مادّة الخثرة المحتَمَلة فقط. ومثل عمود الهاتف، قبل أن يسقط في قصّة فوغورن لغورن، فإنّ الفيبرينوجين يعدّ سلاحًا ينتظر أن يُحرّر، وتقريبًا فإنّ معظم البروتينات الأخرى المُشارِكة في تخثّر الدم تتحكم بمكان الخثرة وزمانها، وهذا أيضًا يُشابِه مثالنا الكرتونيّ؛ حيث تعدّ كلّ المكوّنات ما عدا عمود الهاتف ضرورية للتّحكّم بسقوط العمود.

يتركّب الفيبرينوجين من ستّ سلاسلَ بروتينيّة، تحتوي على أزواج توأمية لثلاثة بروتيناتٍ مختلفة. أظهر المجهر الإلكترونيّ أنّ الفيبرينوجين جزيئةٌ عصويّة الشّكل، مع نتوءين مدوّرين على كل طرف، ونتوءٍ مدوّرٍ في الوسط. لذلك يُشابِه الفيبرينوجين مجموعةً من ثُقالات رفع الأثقال مع مجموعةٍ من الأوزان الإضافيّة في منتصف القضيب.

عادةً ما يذوب الفيبرينوجين في البلازما كما يذوب الملح في مياه المحيط؛ فيطوف في أرجاء البلازما لحاله بسلام، حتّى يُسبّب جرحٌ أو رضٌّ ما نزيفا، عندها يقطّع بروتينٌ آخر يُدعَى الثرومبين thrombin إلى عدّة قطع صغيرةٍ -من زوجين أو ثلاثة- من السلاسل البروتينية في الفيبرينوجين، حيث يملك البروتين المُقطَّع -والّذي أصبح يُدعى الآن فيبرين fibrin[2]- على سطحه رقعًا دبقةً كانت مغطاة بالأجزاء الّتي قُطعَت. إنّ هذه الرّقع الدّبقة مُكمّلةٌ تمامًا لأقسامٍ من جزيئات فيبرين أخرى، فتسمح الأشكال المُتمّمة لعددٍ كبيرٍ من بروتينات الفيبرين أن تتكدّس مع بعضها البعض -مثل علب التونة لمركب التوبولين في الفصل الثالث-، وبما أنّ التّوبولين لا يتجمّع ليشكّل كتلةً عشوائيّة، ولكن يشكّل مدخنة؛ فإنّ الفيبرين أيضًا لا يلتصق عشوائيّا، فيساعد شكل جزيئات الفيبرين الخيطيّة الطويلة الّتي تتصالب مع بعضها البعض في

صنع شبكة بروتينية جميلة تحبس خلايا الدّم -كما تحبس شبكة الصيّاد السّمك-، وهذا ما يُسمى بالخثرة الأولية.(الشّكل ٤-١) تغطّي الشّبكة مساحة كبيرة بأقلّ عددٍ من البروتينات، ولتشكيل كتلةٌ -ببساطة- فإنّ ذلك سيتطلّب كمّيّةً أكبر من البروتين كي تسدّ منطقةً ما.



الشّكل ٤-١: خليّة دمويّة مُحتَبَسة في شبكة من خثرة الفيبرين البروتينية.

يشبه الثرومبين –الذي يقطع أجزاء من الفيبرينوجين– المنشار الدّائري في المادة الكرتونية (فوغورن لغورن). مثل هذا المنشار يبتدئ الخطوة النّهائيّة لعمليّة مضبوطة، لكن ماذا يحدث لو أنّ هذا المنشار عمل بشكلٍ دائم دون أن يحتاج من الخطوات الأخرى أن تبدأ عملها؟ في هذه الحالة ربما يقطع فورًا الحبل المُثبّت إلى عمود الهاتف قبل وقتٍ جيّدٍ من تجوّل فوغورن في الجوار. وبشكلٍ مشابه، لو كانت البروتينات المُساهِمة في تخثّر الدّمّ هي فقط الثرومبين والفيبرينوجين، فلن تكون العمليّة مضبوطة، حيث سيقطع الثرومبين بسرعة كلّ الفيبرينوجين ليُشكِّل الفيبرين. فتتشكل خثرة ضخمةٌ على طول جهاز دوران الكائن الحيّ مُصلِّبةً إيّاه! وعلى خلاف الشّخصيّات الكرتونيّة فإنّ الحيوانات الحقيقيّة ربما تموت سريعًا، ولتجنّب مثل هذه النهاية غير السعيدة يجب على العضويّة أن تضبط فعاليّة الثرومبين.

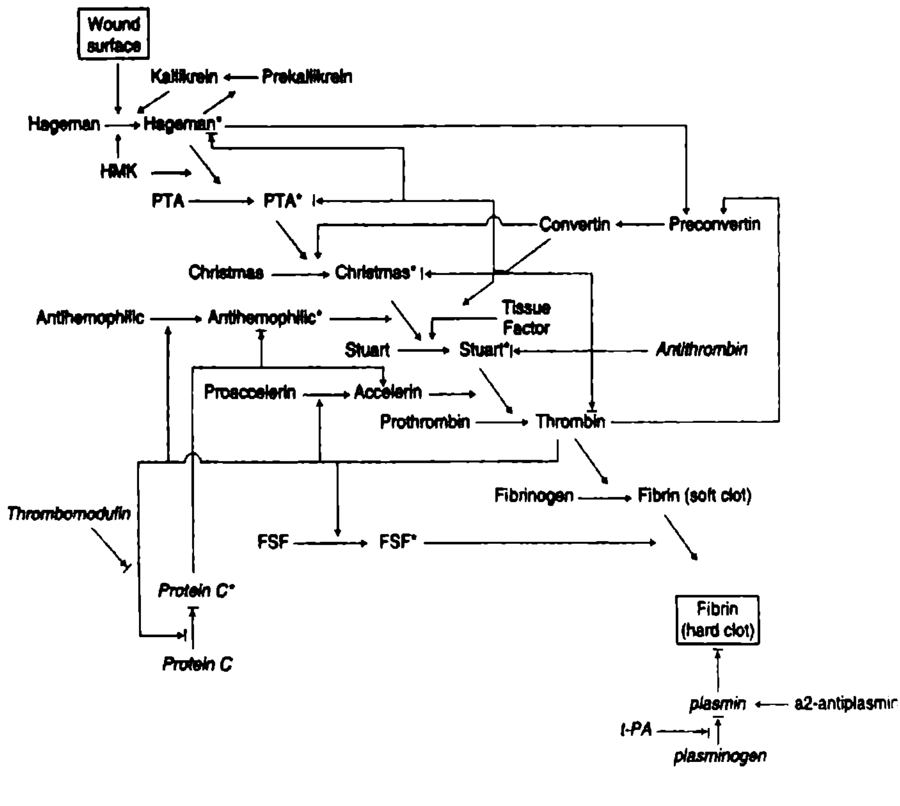
الشّلّال

يُخزّن الجسم عادة الأنزيمات –بروتيناتٌ تحفّز التّفاعل الكيميائيّ، مثل انشطار الفيبرينوجين– في شكلٍ غير فعّالٍ للاستعمال الّلاحق، ويطلق على الشكل غير الفعال (طليعة الأنزيم proenzymes)، فعندما تُستَقبل إشارةٌ تُفيد بأنّ هناك حاجةٌ لأنزيمٍ ما، تُفعَّل طليعة الأنزيم الموافقة لتُعطِي الأنزيم النّاضج، ومثل تحوّل الفيبرينوجين إلى فيبرين، تُفعَّل عادةً طلائع الأنزيمات بقطع الجزء الّذي يحجب المنطقة المهمة فيها، وعادةً ما تُنفَّذ هذه الاستراتيجيّة مع الأنزيماتِ الهاضمة. يُمكن تخزين كمّيّاتٍ كبيرةٍ كطلائع أنزيماتٍ غير فعّالةٍ، ومن ثمّ تُفعَّل بسرعةٍ عند تناول الوجبة التّالية.

يتواجد الثرومبين بداية بشكلٍ غير فعّال، والّذي يُدعي طليعة الثرومبين prothrombin، ولأنّها غير فعّالة فلا تستطيع طليعة الثرومبين أن تشطر الفيبرينوجين، وبذلك لا يموت الكائن الحي بسبب تخثّرٍ ضخمٍ غير مناسبٍ. وتبقى مشكلة الضّبط موجودة. فإذا كان المنشار في الرسوم الكرتونية غير فعّالٍ فلن يقع عمود الهاتف في الوقت الخاطئ، وإذا لم يشغّل أيّ شيءٍ المنشارَ، فعندها لن يقطع الحبل أبدا، ولن يقع عمود الهاتف حتّى في الوقت المناسب. كذلك إذا كان (الفيبرينوجين) و(طليعة الثرومبين) هما البروتينين الوحيدين في عملية تخثّر الدّمّ، ربما يواجه الحيوان مشاكل أخرى. فعندما يُجرَح الكائن الحي، تطوف طليعة الثرومبين عاجزة حول الفيبرينوجين بينما ينزف الحيوان حتّى الموت، ولأنّ طليعة الثرومبين لا تستطيع أن تشطر الفيبرينوجين إلى فيبرين، فلابدّ من شيءٍ يُفعِّل طليعة الثرومبين.

ولربّما يدرك القارئ لماذا يسمى نظام تخثّر الدم بـ(الشلّال). وهو نظامٌ يُفعّل فيه كلّ مكوّن مكوّنًا آخر، والّذي بدوره يُفعّل مكونًا ثالثا.. وهكذا. بما أنّ الأمور بدأت بالتّعقيد، ربما يُساعدك كثيرا في متابعة المناقشة الشّكل (٤-٢).

يُشطر بروتينٌ يُدعى (عامل ستيوارت Stuart factor) طليعة الثرومبين ليُحوّلها إلى ثرومبين فعّال، يستطيع بعد ذلك شطر الفيبرينوجين إلى فيبرين ليُشكّل الخثرة الدّمويّة.[3] للأسف، وكما قد تكون خمّنت، إذا كان عامل ستيوارت وطليعة الثرومبين والفيبرينوجين هي فقط بروتينات تخثّر الدّمّ، فعندها سيُطلِق عامل ستيوارت بسرعة الشّلّال مُخثّرًا كلّ الدّم في العضويّة. ولذلك يوجد عامل ستيوارت أيضًا بشكلٍ غير فعّالٍ يتطلب تفعيله أولا.



الشّكل ٤-٢: شلّال تخثّر الدّمّ.

البروتينات الّتي تظهر أسماؤها بخطٍّ عاديّ تُساهِم في تحفيز تشكّل الخثرة. البروتينات الظّاهرة أسماؤها بخطٍّ مائلٍ تُساهِم في الوقاية من، وحصر، وإزالة خثرات الدّمّ. الأسهم الّتي تنتهي بخطٍّ تُشير إلى البروتينات الّتي تعمل على الوقاية من، وحصر، وإزالة خثرات الدّمّ.

عند هذه النّقطة نعود لسيناريو تطوّر الدّجاجة والبيضة. حيث لا يستطيع عامل ستيورات المُفعّل حتى تفعيل طليعة الثرومبين، إننا نستطيع مزج (عامل ستيوارت) و(طليعة الثرومبين) معا في أنبوب اختبارٍ لمدّة أطول مما يحتاج إليها كائن حيّ كبيرٌ لينزف حتّى الموت دون أيّ إنتاجٍ مُلحوظٍ للثرومبين! حيث يتّضح أنّنا بحاجة لبروتين آخر، يُدعى الأكسيليرين accelerin، لزيادة فعاليّة عامل ستيوارت. يشطر الزّوج الحركيّ –الأكسيليرين وعامل ستيوارت المفعّل– طليعة الثرومبين بسرعةٍ كافيةٍ لمساعدة الحيوان النّازف. إذًا سنحتاج في هذه المرحلة بروتينين منفصلين لتفعيل (طليعة أنزيمٍ) واحدة.

نعم، يتواجد الأكسيليرين أيضًا بشكلٍ غير فعّالٍ بداية يُدعى (طليعة الأكسيليرين) –تنهّد اليائس–، وما الذي يُفعّله؟ هل يكون الثرومبين! لكنّ الثرومبين –كما رأينا– هو في الجزء الأسفل من شلّال التّنظيم بعيد عن طليعة الأكسيليرين، إذًا تنظيم الثرومبين لإنتاج الأكسيليرين يُشابِه تنظيم الحفيدة لتكاثر الجدّة! ومع ذلك –وبسبب معدّل الشطر المنخفض جدًا لطليعة الثرومبين بواسطة عامل ستيوارت– يبدو أنّه هناك دائماً أثر زهيد من الثرومبين في مجرى الدّمّ. ولذلك فإنّ عمليّة تخثّر الدّمّ مُحفَّزةٌ تلقائيّاً، لأنّ بروتينات الشّلّال تُسرِّع إنتاج المزيد من نفس البروتينات.

نحتاج لدعم قليل في هذه النّقطة؛ لأنّ –وكما اتّضح– طليعة الثرومبين الّتي تُصنَّع بداية من قبل الخليّة لا يُمكن أن تتحوّل إلى ثرومبين حتّى بوجود عامل ستيوارت المُفعَّل والأكسيليرين، بل يجب أوّلًا أن تُعدّل –ليس موضّحا في الشّكل (٤–٢)– من خلال امتلاكها عشرة ثمالاتٍ محدّدةٍ لحموضٍ أمينيّة، تُدعى ثمالات الغلوتامات (Glu)، تُحوَّل إلى ثمالات (غامّا–كاربوكسي غلوتامات) (Gla)، ويمكن مقارنة هذا التّعديل بوضع الفكّ السّفليّ على الفكّ العلويّ من الجمجمة لتستطيع البنية المتكاملة أن تعضّ وتبقى مُمسِكةً بالشّيء المعضوض؛ حيث لن تستطيع الجمجمة أن تبقى مُمسِكةً به دون الفك السفلي. في حال طليعة الثرومبين تعضُّ ثمالات (غمّا–كاربوكسي غلوتامات) –أو بمعنى أدق تربط– الكالسيوم، سامحةً لطليعة الثرومبين أن تلتصق على سطح الخلايا. يستطيع فقط معقّد (طليعة الثرومبين–الكالسيوم

المعدّل) السّوي والمُرتَبط إلى غشاء الخليّة أن يُشطَر بواسطة عامل ستيوارت المُفعَّل والأكسيليرين ليُعطي الثرومبين.

لا يحدث تعديل طليعة الثرومبين بالصّدفة. فمثل كلّ التّفاعلات الكيميائيّة الحيويّة الافتراضيّة، يتطلَّب تحفيزًا كيميائيًّا بواسطة أنزيمٍ نوعيّ. بالإضافة للأنزيم، يتطلّب تحويل الغلوتامات (Glu) إلى غامّا–كاربوكسي غلوتامات (Gla) مكوّنًا آخر هو فيتامين (ك). إنّه ليس بروتينًا، بل هو جزيءٌ صغيرٌ؛ مثل (١١–ريتينال المفروق) –الموصوف في الفصل الأول–، والّذي يُعَدّ ضرورياً للرّؤية. وكما يحتاج المسدّس للطّلقات، فإنّ الأنزيم الّذي يحوّل الغلوتامات إلى غامّا–كاربوكسي غلوتامات يحتاج فيتامين (ك) كي يعمل. يرتكز أحد أنواع سمّ الجرذان على الدور الذي يلعبه الفيتامين (ك) في تخثّر الدّمّ. صُنِع هذا السّمّ الصّنعي، والّذي يُدعَى (الوارفارين warfarin) لأجل صندوق أبحاث خريجي ويسكونسن الذي يتلقى جزء من الأرباح عن طريق بيعه، ليبدو شبيهًا بالفيتامين (ك) بالنّسبة للأنزيم الّذي يستخدمه، ولا يستطيع الأنزيم بوجود الوارفارين أن يُعدِّل طليعة الثرومبين، فعندما يأكل الجرذ الطّعام المُسمَّم بالوارفارين لا يتم تعديل طليعة الثرومبين ولا يتم شطرها، وينزف الحيوان المتسمَّم حتّى الموت.

ولكن يبدو أنّنا لم نحرز تقدُّمًا ملحوظا حتى الآن. يجب أولا أن نعود إلى الوراء ونسأل ما الذي يُفعِّل عامل ستيوارت؛ حيث يبدو أنّه يتفعَّل بطريقين مختلفين: (السّبيل الدّاخلي) و(السبيل الخارجي). في (السّبيل الدّاخلي) توجد كلّ البروتينات المُتطلَّبة للتّخثّر في بلازما الدّم، بينما في (السبيل الخارجي) تظهر بعض بروتينات التّخثّر في الخلايا. لندرس أوّلًا السّبيل الدّاخلي. رجاءً تابع على الشّكل (٤–٢).

عندما يُجرَح حيوانٌ ما يلتصق بروتين يُدعَى (عامل هاغمان Hageman) على سطح الخلايا القريبة من الجرح، ويُشطر بعد ذلك عامل هاغمان –المرتبط– بواسطة بروتينٍ يُدعَى (HMK). لنحصل على (عامل هاغمان المُفعَّل)، وفورًا يُحوِّل عامل هاغمان المُفعَّل بروتينًا آخرَ يُدعَى (طليعة الكاليكريين prekallikrein) لشكله الفعّال (الكاليكرين)؛ حيث يُساعِد هذا الأخير (HMK) في تسريع تحويل المزيد من عامل هاغمان لشكله الفعّال، ويُحوِّل بعد ذلك كلٌّ من (عامل هاغمان المُفعَّل) و(HMK) بروتينًا آخرَ يُدعَى (PTA) لشكله الفعّال، وبدوره يُحوِّل (PTA المُفعَّل) مع الشّكل الفعّال من بروتينٍ آخرَ –سيُناقَش في الأسفل– يُدعَى (الكونفرتين convertin) بروتينًا يُدعَى (عامل كريسماس Christmas) إلى شكله الفعّال.. وفي النهاية، فإنّ (عامل كريسماس المُفعَّل) مع (العامل المُضادّ للنّاعور antihemophilic factor) –الّذي يُفعَّل بواسطة الثرومبين بطريقةٍ مُشابِهةٍ لطليعة الأكسيليرين– يحوِّلان (عامل ستيوارت) لشكله الفعّال.

ومثل السّبيل الدّاخلي؛ يعدُّ السّبيل الخارجي أيضًا شلّالا؛ فيبدأ السبيل الخارجي عندما يتحوَّل بروتينٌ يُدعَى (طليعة الكونفرتين proconvertin) إلى (الكونفرتين convertin) بواسطة (عامل هاغمان المفعَّل) و(الثرومبين)، وبوجود بروتينٍ آخرَ هو (العامل النّسيجيّ tissue factor) يُحوِّل (الكونفرتين) (عاملَ ستيوارت) إلى شكله الفعَّال. يظهر العامل النّسيجيّ فقط خارج الخلايا الّتي لا تكون عادةً على تماسٍّ مع الدم. وبالتّالي، فقط عندما تجعل إصابةٌ ما النّسيجَ متماسًّا مع الدّمّ يتم تفعيل (السّبيل الخارجي). يلعب الجرح دورًا مُشابِهًا لما يحدث عندما يلتقط (فوغورن لغورن) قطعة النّقود، إنّ الحدث البدئي عبارة عن شيء لا ينتمي إلى آليّة الشّلّال بحدّ ذاتها.

يتقاطع السّبيلان الدّاخلي والخارجي في عدّة نقاط؛ حيث يحوّل (عاملُ هاغمان المفعَّل) بواسطة السّبيل الدّاخلي (طليعةَ الكونفرتين) في السّبيل الخارجي، ويعود الكونفرتين بعد ذلك إلى السّبيل الدّاخلي ليُساعد (PTA المفعَّل) في تفعيل (عامل كريسماس). يستطيع الثرومبين بحدّ ذاته أن يحفّز كِلا فرعي شلال التّخثّر عن طريق تفعيل (العامل المضادّ للنّاعور) الّذي يُعَدّ ضروريّاً لمساعدة (عامل كريسماس المُفعَّل) في تحويل عامل ستيوارت لشكله الفعَّال، وأيضًا عن طريق تفعيل (طليعة الكونفرتين).

إنّ الخوض في وصف نظام تخثّر الدّمّ يجعل المرء يتوق إلى بساطة آلة روب جولدبيرج في الرّسوم الكرتونيّة.

أوجه التشابه والاختلاف

هناك بعضُ الاختلافات المفاهيمية بين المادة الكرتونية (فوغورن لغورن Foghorn Leghorn) ونظام تخثر الدم الحقيقي، وتؤكّد الاختلافات على تعقيد أكبر للنظام البيولوجي. إنّ التباين الأكثر أهمية هو أنّ شلال التخثر يجب أن يتوقف عند نقطة محددة قبل أن يتصلّب الكائن الحي تماما –سيناقش هذا قريبا–. ويعدّ الاختلاف الثاني هو أنّ مسار ضبط تخثر الدم ينقسم إلى قسمين. يحتمل وجود طريقين لبدء التخثر. ولا تزال الأهمية النسبية للطريقين في الكائنات الحية غامضة إلى حد ما. إنّ القيام بتجارب عديدة على تخثر الدم أمر صعب حيث أنّ بعض البروتينات –خصوصًا التي تشارك في مراحل مبكرة من الطريق– وُجدت بكميات قليلة جدا في الدم. على سبيل المثال يحتوي مئة غالون من الدم واحد في الألف فقط من أونصة من العامل المضاد للناعور. إضافة على ذلك، ولأنّ المراحل الأولية من التخثر تقوم

بتغذية راجعة لتوليد بروتينات أولية مفعلة أكثر، فإنّه من الصعب جداً فرز من البروتينات فعّل الثاني.

يوجد أيضا تشابه مفاهيميٌّ مهم بين نظام مهاجمة فوغورن Foghorn ومسار تخثّر الدّم: إنّ كليهما معقّد بشكل غير قابل للتّبسيط. وإذا نحينا جانبا النّظام قبل تشعّب الطّريق حيث تكون بعض التّفاصيل غير معروفة جيداً، فإنّ نظام تخثّر الدّم يناسب تعريف التّعقيد غير القابل للتّبسيط. بل إنّه نظام مفرد مؤلّف من أجزاء عديدة متفاعلة تساهم في الوظيفة الأساسية حيث يؤدّي إزالة أحد الأجزاء إلى تعطيل وظيفة النّظام بشكل فعّال. تعدّ وظيفة نظام تخثّر الدّم تشكيل حاجز صلب في الوقت والمكان المناسبين ممّا يوقف تدفّق الدم خارج الوعاء المصاب. إنّ مكونات النّظام –ماعدا التشعب في الطريق– هي الفيبرينوجين وطليعة الثرومبين وعامل ستيوارت وطليعة الأكسيليرين. ومثلما لا يستخدم أي جزء من نظام فوغورن Foghorn لأيّ شيء إلّا في ضبط سقوط عمود الهاتف، لذلك لا تستخدم أيّ من بروتينات الشلال لأي شيء ماعدا ضبط تشكل خثرة الدّم. ولكن في حال غياب أحد المكونات فلن يتخثّر الدّم وسيفشل النّظام؟

توجد طرق أخرى لإيقاف تدفّق الدّم من الجروح، لكنّ هذه الطّرق لا تعتمد على إنتاج طلائع خطوة بخطوة لتدخل شلال التّخثر. على سبيل المثال، يستطيع الجسم أن يقبّض الأوعية الدموية بجانب الجرح ليساعد على وقف نزف الدّم. كما توجد خلايا دموية تسمى الصّفيحات تلتصق إلى المنطقة حول الجرح لتساعد على سد الجروح الصغيرة. لكن لا يمكن لهذه الطرق أن تتحول تدريجيًا إلى نظام تخثّر الدّم تماماً مثل عدم إمكانية تحول فخ لاصق صمغي إلى مصيدة فئران ميكانيكيّة.

إنّ أبسط نظام تخثّر يمكن تخيّله عبارة فقط عن بروتين يتراكم عشوائيًا عندما ينجرح الكائن الحي. يمكننا تشبيه ذلك بعمود الهاتف التي تم قطعه تمامًا من خلال –التوازنات غير المستقرّة– الاعتماد على الاهتزازات الطفيفة في الأرض عندما يمشي فوغورن لغورن (Foghorn Leghorn) بجواره لتفجيره. يمكن للرّياح أو لعوامل أخرى أن تُسقِط العمود بسهولة عندما لا يكون الديك حوله. إضافة إلى ذلك، لا يوجّه العمود في أي اتجاه محدد – مثلا باتّجاه الطّعم– حيث يحتمل وجود فوغورن Foghorn. وبشكل مشابه، ربما يبدأ نظام التخثر المبسّط بشكل غير ملائم مسبِبًا ضررًا عشوائيًا وخسارة موارد. لا يلبّي الكرتون المبسط

ولا أنظمة التّخثر المُبسَّطة المعيار الأدنى من الوظيفة. في أنظمة (روب غولدبرغ Rube Goldberg)، لا يعدّ النّشاط النّهائي -سقوط عمود الهاتف وتشكّل الخثّرة- هو المشكلة بل إنّه نظام التّحكّم.

يمكن للمرء أن يتخيّل نظامٍ تخثّر دم أبسط نوعًا ما من النّظام الحقيقي ويقول أنّه بعد تفعيل عامل ستيوارت من قِبَل بقيّة الشّلال فإنّه يقطع مباشرة الفيبرينوجين ليشكّل الفيبرين، متجاوزا الثرومبين. وإذا نحينا جانبا للحظة قضايا ضبط تشكّل الخثرة وتوقيتها، وبعد التفكير يمكننا سريعا رؤية أنّ مثل هذا النّظام المبسّط قليلا لا يمكن تغيره تدريجيا إلى نظام سليم أكثر تعقيدا. إذا تمّ إدخال بروتين جديد إلى نظام فقير بالثرومبين إمّا سيعمل النظام فورا -مؤدّيًا إلى الموت السّريع- أو لن يحدث شيء وما من سبب معين لذلك. وبسبب طبيعة الشلال، فيجب أن يُنظَّم البروتين على الفور. من البداية، ربما تحتاج الخطوة الجديدة في الشّلال كلًّا من طليعة الإنزيم والإنزيم المفعّل لتفعيل طليعة الإنزيم في الوقت والمكان الصّحيحين. ولأنّ كلّ خطوة تتطلّب بالضّرورة عدة أجزاء، فليس فقط نظام تخثّر الدّم بشكل عام معقّد بشكل غير قابل للتّبسيط بل أيضًا كل خطوة في الطريق.

أعتقد أن قناة السفينة تشبيه جيد لهذا الجانب من نظام تخثر الدم. تسمح قناة (بنما Panama) بعبور السّفن المضيقَ من المحيط الهادئ إلى البحر الكاريبي. لأن اليابسة أعلى من مستوى البحر، يرفع الماء في القفل السفينةَ لمستوىً يمكّنها من الانتقال لفترة من الزمن. ثم يرفع قفل آخر السفينة إلى المستوى التّالي، بينما تخفض الأقفال على الجانب الآخر السفينة إلى مستوى سطح البحر. يوجد عند كل قفل بوابة تحبس الماء عندما ترتفع السفينة أو تنخفض، ويوجد أيضًا فتحة تصريف أو مضخة ماء تسحب الماء من القفل أو تقوم بملئه. من البداية يجب أن يملك كل قفل ميزتين اثنتين -بوابة وفتحة تصريف- أوْ أنّه لن يعمل. وبالتالي، يكون كل قفل على طول القناة معقّد بشكل غير قابل للتّبسيط. وبشكل مشابه، تحتاج كل نقطة ضبط لشلّال تخثّر الدّم كلّا من طليعة الإنزيم غير المُفعَّل و إنزيم منفصل لتفعيله.

لم ينته الأمر بعد

بمجرد أن يبدأ تخثّر الدّم، ما الّذي يوقفه قبل أن يتخثّر كلّ دم الحيوان؟ ينحصر التخثّر بموقع الإصابة بعدة طرق -فضلا عن ذلك راجع (الصورة ٤-٢)- أوّلًا يرتبط بروتين البلازما

المسمّى مضادّ الثرومبين بالشّكل الفعّال –وليس غير الفعّال– لمعظم بروتينات التّخثّر ويعطّلها. إنّ مضادّ الثرومبين بحدّ ذاته غير فعّال نسبيّاً إلّا إذا ارتبط بمادة تسمّى الهيبارين. يظهر الهيبارين داخل الخلايا وفي الأوعية الدموية غير التّالفة. وتكون الطّريقة الثّانية التي تتوضّع فيها الخثرة من خلال فعل البروتين (C). بعد التّفعيل من قبل الثرومبين، يحطّم البروتين (C) الأكسيليرين والعامل المضادّ للنّاعور المفعَّل. وأخيرا يبطّن البروتين المسمى الثرومبومودولين سطح الخلايا من داخل الأوعية الدمويّة. يربط الثرومبومودولين الثرومبينَ مما يجعله أقل قدرة على قطع الفيبرينوجين وبنفس الوقت يزيد قدرته على تفعيل البروتين C. عندما تتشكّل الخثرة مبدئيّا، تكون هشّة للغاية، وإذا صدمت المنطقة المصابة ستتمزّق الخثرة بسهولة، وسيبدأ النّزف مجددا. ولتجنّب ذلك يملك الجسم طريقة لتقوية الخثرة فور تشكّلها. يتم ربط الفيبرين المتجمّع مع بعضه من خلال بروتين مُفعَّل يُسمّى (FSF) العامل المثبّت للفيبرين، حيث يشكل روابط متبادلة كيميائية بين جزيئات الفيبرين المختلفة. ولابدّ في النّهاية من زوال خثرة الدّم بعد شفاء الجرح. يعمل البروتين المسمى البلازمين كمقصّ خاصّ لقطع خثرة الفيبرين. ولحسن الحظ لا يعمل البلازمين على الفيبرينوجين. لا يستطيع البلازمين أن يعمل بسرعة كبيرة وإلا لن يملك الجرح الوقت الكافي ليشفى تماما. لذلك يظهر مبدئيًا بشكل غير فعال يسمى البلازمينوجين. يُحفز تحول البلازمينوجين إلى بلازمين عن طريق البروتين المسمى (t-PA). يوجد أيضًا بروتينات أخرى تتحكّم بانحلال الخثرة منها (ألفا٢) –مضاد البلازمين الّذي يرتبط إلى البلازمين مما يمنعه من تحطيم خثرة الفيبرين–.

إنَّ الآلة الكرتونيّة الّتي تضرب (فوغورن لغورن Foghorn Leghorn) على رأسه تعتمد بشكل مهمّ على المحاذاة الدّقيقة والتّوقيت وبنية عديد من المكوّنات. إذا كان الخيط المثبّت إلى العملة النقديّة طويلا جدا أو إذا كان المدفع منحرفاً عن الهدف فإنّ النظام برمته سيفشل. وبنفس الطّريقة، يعتمد شلّال التّخثّر بشكل كبير على سرعة ظهور التّفاعلات المختلفة وتوقيتها. يمكن أن يتصلّب الحيوان إذا فعّل الثرومبين طليعة الكونفرتين في وقت خاطئ، وقد ينزف حتى الموت إذا تم تفعيل طليعة الأكسيليرين أو العامل المضادّ للنّاعور ببطء شديد. و ربما يصبح الكائن الحي من الماضي إذا نشّط الثرومبين البروتينَ C أسرع بكثير من تنشيطه لطليعة الأكسيليرين، أو إذا أبطل مضادّ الثرومبين تفعيلَ عامل ستيورات حالَ تشكّله. إذا تم تفعيل البلازمينوجين فور تشكّل الخثرة عندها ستنحل الخثرة بسرعة وبالتالي لن يستمر الطريق.

إن تشكّل خثرة الدّم وتقييدها وتقويتها وإزالتها يعد نظاما بيولوجيًّا متكاملا وربّما تسبب المشاكل بأحد المكوّنات فشل هذا النّظام. ويسبب عوز بعض عوامل تخثّر الدّم أو إنتاج عوامل معيبة مشاكل صحيّة خطيرة أو الموت. ينشأ الشّكل الأكثر شيوعا للنّاعور عن عوز العامل المضادّ للنّاعور الّذي يساعد عامل كرستماس المُفعَّل على تحويل عامل ستيورات إلى شكله الفعّال. وينتج عن عوز عامل كرستماس الشّكل الثّاني الأكثر شيوعا من النّاعور. وقد تنتج مشاكل صحيّة خطيرة أيضا إذا كانت البروتينات الأخرى في مسار التخثر معيبة على الرّغم من أنّ ذلك أقل شيوعاً. تترافق اضطرابات النّزف أيضًا مع عوز في (FSF) وفيتامين(ك و α2) -مضادّ البلازمين الّتي لا تشارك مباشرة في التّخثر-. إضافة إلى ذلك يُسبّب عوز البروتين C الموتَ لدى المواليد الجدد بسبب ظهور خثرات كثيرة غير ملائمة.

خلط حول

هل من الممكن أن يتطور هذا النظام فائق التعقيد تبعا للنّظريّة الدارونيّة؟

لقد كرّس عديد من العلماء جهدا كبيرا في التّساؤل عن كيفيّة تطوّر عملية تخثّر الدّم. سنرى في الفصل القادم ما أحدثه تفسير تخثر الدم في أدب العلوم المهنيّة. لكن أوّلا هناك قليل من التّفاصيل لنهتمّ بها.

في بداية الستينات لوحظ أنَّ بعضَ البروتينات تملك متواليات حموض أمينية تتشابه مع متواليات بروتينات أخرى. على سبيل المثال، لنفترض أنّ أوّل عشرة حموض أمينية في متوالية أحد البروتينات هي (ANVLEGKIIS) وفي البروتين الثّاني هي (ANLLDGKIVS). تتشابه هاتان المتواليتان في سبعة مواقع وتختلفان في ثلاثة مواقع. في بعض البروتينات، ربما تتشابه المتواليات عبر مئات من مواقع الحموض الأمينية. ولتفسير أوجه التشابه بين بروتينين اثنين افتُرِضَ أنّه في الماضي كان يتضاعف الجين بطريقة ما وبمرور الوقت تُراكم نسختي الجين بشكل مستقل تغيّرات -طفرات- في متوالياتها.[٤] وسيظهر بعد مدة بروتينين لديهما نفس المتواليات لكنهما ليسا متطابقين.

عندما سأل مرةً مَلِكُ سيام -تايلاند- رجاله الحكماء عن الحكمة الملائمة لكلّ مناسبة، اقترحوا ما يلي: "هذا, أيضا, سينتهي". وبالمقابل فالمقولة الملائمة لكلّ المناسبات في الكيمياء الحيويّة هي "الأمور أكثر تعقيدًا مما تبدو عليه". تبيّن في منتصف السبعينات أنّ

الجينات ربما تظهر في قطع. أي أنّ جزء الـ(DNA) المرمّز لجزء الجانب الأيسر من البروتين قد ينفصل على طول المتوالية عن الأجزاء المرمّزة للوسط والّتي قد تنفصل عن الـ(DNA) المرمّز لجزء الجانب الأيمن. يشابه هذا البحثَ عن معنى مهرجان(carnival) في القاموس فتجدها مدرجة كالتّالي (hkcasafjrnivckjealksy) ، ربما يوجد أحد أنماط الجين في قطعة واحدة; بينما قد توجد أنماط أخرى في عشرات من القطع.

إنّ ملاحظة الجينات المنقسمة تقود إلى فرضيّة أنّه ربما تُصنع بروتينات جديدة عن طريق خلط أجزاء من جينات الـ(DNA) المرمّزة لأجزاء بروتينات قديمة –مثل انتقاء بطاقات من كومات عديدة لتعطي ترتيبا جديدا–. لدعم الفرضيّة أيّدت أوجه التشابه في متواليات الحموض الأمينية وأشكال الأجزاء المنفصلة –تسمى قطع– من البروتينات المختلفة.

تستخدم غالبًا بروتينات شلّال تخثّر الدّم كدليل على الخلط. تتشابه بعض مناطق بروتينات الشلال المُرمَّزة من قبل قطع جينية منفصلة في متواليات حموضها الأمينية مع مناطق أخرى من البروتين نفسه. أيْ أنّها تكون مشابهة لنفسها (self-similar).

ويوجد أيضا أوجه تشابه بين مناطق بروتينات مختلفة من شلّال التّخثّر. على سبيل المثال تملك طليعة الكونفرتين وعامل كرستماس وعامل ستيوارت وطليعة الثرومبين مناطق متشابهة تقريبا في متواليات حموضها الأمينية. إضافة إلى ذلك يتم تعديل متواليات كل هذه البروتينات عن طريق فيتامين (K)، وتتشابه المناطق مع متوالية بروتينات أخرى –لا تشارك في تخثّر الدّم على الإطلاق– يتم تعديلها أيضا عن طريق فيتامين K. إنّ أوجه تشابه المتواليات واضحة للجميع ولا جدال فيها. ومع ذلك، لا تقول فرضية تضاعف الجين والخلط شيئاً عن أيّ بروتين أو نظام بروتيني أُنتِج أوّلاً –سواءً ببطء أو فجأة أو فيما إذا كان انتقاءً طبيعيّا أوْ بأحد الآليّات الأخرى.

ضع في ذهنك أنّه ربّما يحاكي–بطريقةٍ ما– نابضُ مصيدة الفئران نابضَ السّاعة، وربما يحاكي المخلّ مطرقة مصيدة الفئران، ولكن لا تعطينا هذه التشابهات أيّ شيء عن كيفية صنع مصيدة الفئران. من أجل الادعاء أنّ نظاماً تطوّر تدريجيّاً بالآليّة الداروينيّة يجب على المرء أن يُثبِت أنّ وظيفة النّظام –تم تشكيلها- عن طريق عدد هائلٍ من التّعديلات الطّفيفة النّاجحة.

أحدث تفسير لتطور التخثر

أصبحنا الآن على استعداد للمضي قدما. في هذا الفصل سأعيد إنتاج محاولة (روزل دوليتل Rusell Doolittle) للتّفسير التّطوري لتخثّر الدّم. ما قام به هو افتراض سلسلة من الخطوات تظهر فيها بروتينات التّخثّر واحدا تلو الآخر. إلى الآن وكما سيظهر في الفصل القادم لا يعدّ التفسير كافيًا تمامًا لأنّه لم يتم إعطاء أي سبب لظهور البروتينات، ولم يُبذَل أيّ جهد لحساب احتمالية ظهور البروتينات، كما لم يُبذَل أيّ جهد لتقدير خصائص البروتينات الجديدة.

إن أبرز المهتمين في تطوّر شلّال التّخثّر هو (روزل دوليتل Russell Doolittle), أستاذ الكيمياء الحيويّة في مركز علم الوراثة الجزيئي في جامعة كاليفورنيا وسان دييغو.

منذ عهد أطروحة الدّكتوراه الخاصّة به في هارفارد (مقارنة الكيمياء الحيويّة لتخثّر الدّم ١٩٦١م)، قام الأستاذ دوليتل Doolittle بدراسة أنظمة التّخثّر في كائنات حيّة مختلفة - أبسط- على أمل أنّ ذلك سيؤدّي إلى فهم كيفيّة ظهور نظام التّخثّر لدى الثديّات. استعرض دوليتل Doolittle مؤخراً مستوى المعرفة الحالية في مقالة في مجلة التّخثر والإرقاء (Thrombosis and Haemostasis). [5] أُعدَّت هذه المجلّة من أجل العلماء والأطباء الذين يعملون على جوانب تخثّر الدّم. وبشكل أساسي، فإنّ متابعي هذه المجلة هم أشخاص يعرفون عن تخثّر الدم أكثر من أي شخص آخر على وجه الأرض. بدأ دوليتل Doolittle مقالته بطرح السّؤال الكبير: كيف تتطور في العالم مثل هذه العملية المعقدة والمتوازنة بدقة؟ وكانت المفارقة أنَّهُ إذا كان كل بروتين يعتمد في تفعيله على بروتين آخر، فكيف أمكن ظهور هذا النظام؟ أيّ جزء من المخطط ربّما يستخدم بدون المجموعة بأكملها؟

تصبّ هذه الأسئلة في جوهر الكتاب. ومن الجدير اقتباس مقالة دوليتل Doolittle بإسهاب. -وقد يجد القارئ من المفيد مراجعة الصورة ٤-٢-، لقد قمت بتغيير بعض المصطلحات التّقنيّة في الاقتباس لتسهيل قراءتها من قبل العامة.

إنّ تخثر الدم ظاهرة متوازنة بدقة تشمل البروتياز ومضاد البروتياز و ركازات البروتياز. وبشكل عام، كل عمل يتقدم يولّد بعض الاستجابات التي تعود به إلى الوراء. يمكن تطبيق استعارات -تشابيه- مختلفة على تطوّره خطوة بخطوة: الفعل ورد الفعل أو الغرض وعكسه أو الأخبار الجيدة والأخبار السيئة. لكنّ الاستعارة المفضلة لدي هي: (إلين yin و اليانغ yang).

في علم الكونيات الصيني القديم، يأتي كل شيء نتيجة دمج المبادئ المتعاكسة الين واليانغ. إنّ اليانغ مبدأ ذكوري ويجسّد النشاط والارتفاع والحرارة والضوء والجفاف. بينما يجسّد إلين -المعاكس الأنثوي- السّلبية والعمق والبرد والظّلام والرّطوبة. ويمنح زواجهما الجوهر الحقيقي لكلّ الأشياء. ولكن ضع في ذهنك أنّ هذا مجرّد تشبيه، اطّلع على سيناريو إلين واليانغ التالي لتطوّر التّخثّر لدى الفقاريّات.

لقد رمزت افتراضيا إلى الأنزيم أو طليعة الأنزيم بـ اليانغ و إلى غير الأنزيمات بـ الين.

الين: يظهر عامل النسيج (TF) كنتيجة تضاعف جين لـ(بروتين آخر) يربط مواقع EGF. يكون الجين المُنتَج الجديد على تماسٍّ مع الدّم أو الّلمف فقط بعد إصابة النّسيج.

اليانغ: تظهر طليعة الثرومبين بغطاء قديم مع مواقع EGF المرفقة، نتيجة لتضاعف جين البروتياز والخلط. يعمل موقع EGF كموقع للارتباط به والتّفعيل من قبل TF المكشوف.

الين: صُنع مستقبل الثرومبين بحكم تضاعف جين -منطقة البروتين التي ستلتصق بغشاء الخلية-. يؤثّر الانقسام عن طريق طليعة الثرومبين المُنشَّطة بـ TF على انقباض الخلية وتكتّلها.

الين مرّة أخرى: إنّ الفيبرينوجين بروتين غير شرعي مشتق من أب -متطاول- متحسّس للثرومبين و -بروتين ذو بنية مدمجة للحصول على- أم.

الين مرّة ثانية: يظهر مضادّ الثرومبين (III) وهو ناتج تضاعف بروتين ذو بنية عامّة متماثلة.

اليانغ: يتولّد البلازمينوجين من المخزون الهائل من البروتياز الموجود في متناول اليد، ويأتي مع مواقع تستطيع ربط الفيبرين. يعكس تفعيله بوساطة الارتباط بالبروتينات الجرثومية الدّور السّابق كعامل مضادّ للجراثيم.

الين: ينشأ مضاد البلازمين عن تضاعف بروتين ذو بنية عامة متماثلة وتعديلاته، رهو غالبًا مضاد الثرومبين.

الين واليانغ: يطلق العنان للبروتين -ذو الروابط المتبادلة- القادر على تفعيل الثرومبين.

اليانغ: يظهر منشط البلازمينوجين النسيجي (TPA). تسمح له المواقع المخلوطة المختلفة بالارتباط بعدّة ركائز بما فيها الفيبرين.

الزواج: تعديل طليعة الثرومبين عن طريق اقتناء موقع (gla). يتم إضفاء القدرة على ربط الكالسيوم والارتباط إلى سطوح محدّدة-مشحونة سلبًا-.

الين: ظهور طليعة الأكسيليرين[6] كنتيجة تضاعف -مورّثة بروتين ذو بنية عامة متماثلة- واكتساب بعض -القطع الجين- الأخرى.

اليانغ: ظهور عامل ستيورات، تضاعف طليعة الثرومبين الممسوحة بال gla مؤخرا، ربما تحدث قدرته على الارتباط بطليعة الأكسيليرين تفعيل طليعة الثرومبين، بغضّ النّظر عن التّفعيل بوساطة TF.

اليانغ مرّة أخرى: تتضاعف طليعة الكونفرتين من عامل ستيوارت، محررةً طليعة الثرومبين من أجل ارتباط أفضل بالفيبرين. عندما يمزج مع عامل النسيج، تكون طليعة الكونفرتين قادرة على تفعيل عامل ستيورات عن طريق قطعه.

اليانغ مرّة ثانية: يأتي عامل كرستماس من عامل ستيورات. ولفترة يرتبط كلاهما إلى طليعة الأكسيليرين.

الين: يأتي العامل المضادّ للنّاعور من طليعة الأكسيليرين. يتكيّف سريعًا للتّفاعل مع عامل كرستماس.

اليانغ: يُشتَقّ البروتين (C) وراثيًا من طليعة الثرومبين. يعطّل عمل طليعة الأكسيليرين و العامل المضادّ للنّاعور عن طريق الحد من قطعه.

الطلاق: تشارك طليعة الثرومبين في تبادل قطع جينية تتركها تملك مواقع لربط الفيبرين في مكان مواقع EGF التي لن يحتاجها بعد الآن للتّفاعل مع TF.

كيف يتمّ ذلك مرّة أخرى؟

لنأخذ الآن بعض الوقت للقيام ببحث مهمّ في سيناريو الأستاذ دوليتل Doolittle. إنّ أول شيء نلاحظه هو أنّه لم ينوّه إلى عوامل سببيّة. حيث نلاحظ ما يلي: يظهر العامل النسيجي، ويولد الفيبرينوجين وينشأ مضادّ البلازمين و يبرز (TPA) ويطلق العنان لبروتين يحوي روابط متبادلة وهلمّ جرّا. وربما نسأل ما الّذي يسبب بالضّبط كل هذه النّشوءات و الظّهورات؟ يبدو أنّ دوليتل Doolittle يضع في ذهنه السّيناريو الدّارونيّ المُعتمِد على طريقة خطوة بخطوة بمشاركة التّضاعف العشوائي غير المباشر والتّأشيب لقطع الجين. لكن خذ بعين الاعتبار الحظّ الهائل المطلوب للحصول على القطع الجينية المناسبة في الأماكن المناسبة. تملك الكائنات حقيقيّات النوى قطعًا جينيّةً قليلةً جدا, ويبدو أنّ العملية التي تُبادِل بينها عشوائيّةٌ. وبالتّالي فإنّ صنع بروتين تخثّر دم جديد عن طريق الخلط يشبه انتقاء عشرات الجمل عشوائيًّا من موسوعة

على أمل تشكيل فقرة مترابطة. لم يقم دوليتل Doolittle بعناء حساب عدد المواقع (Domains) المخلوطة المختلفة غير الصحيحة وغير الفعّالة وغير المجدية التي سيتم استبعادها قبل الحصول على بروتين ذي نشاط شبيه بال(TPA) مثلا.

ولتوضيح المشكلة, لنقم بحساباتنا السّريعة. خذ بعين الاعتبار أن الكائنات الحية التي تملك شلّال تخثّر الدّم لديها (١٠٠٠٠) جين تقريبا وكل منها مقسّمة إلى حوالي ثلاث قطع. يُعطينا هذا مجموع مايُقارِب (٣٠٠٠٠) قطعة جينيّة. يملك TPA أربعة أنماط مختلفة من المواقع.[٧] عن طريق الخلط المتعدّد وإنّ فرص الحصول على هذه المواقع الأربعة معا[٨] هو (٣٠٠٠٠) بالنسبة للطّاقة الرّابعة والتي تُقدَّر تقريبا بعُشرِ الطّاقة الثّامنة عشرة.[٩] الآن إذا كانت فرص الفوز برهانات سباق الخيل الايرلندية عُشر الطّاقة الثّامنة عشرة, وإذا لعب مليون شخص اليانصيب كل سنة, سيمرّ تقريبا حوالي (١٠٠٠) بليون سنة قبل أن يفوز به أيّ شخص -ليس شخصًا بعينه-. (١٠٠٠) بليون سنة هي تقريبا مئة مرّة من العمر المُقدَّر للكون. تخفي لغة دوليتل Doolittle العفويّة (البروز, .. الخ) الصعوبات الهائلة. كما أنّه قد تعيق مشكلة الفرص الضئيلة جدًّا نفسها ظهور طليعة الثرومبين -نتيجة تضاعف جين البروتياز والخلط- والفيبرينوجين -بروتين غير شرعي مشتق من- والبلازمينوجين وطليعة الأكسيليرين, وكلّ من أشكال إعادة الترتيب المُقتَرَحة العديدة لطليعة الثرومبين. يحتاج دوليتل Doolittle بشكل واضح إلى خلط وتعاون مع أفضل الأيدي العلميّة للنجاح. ولسوء الحظّ لا يملك العالم الوقت لينتظر.

ويؤخذ بعين الاعتبار أيضا الادّعاء الضّمني بأنّ البروتين المصنوع من الجين المتضاعف ربما يملك فوراً الخصائص الضّروريّة الجديدة. وبالتالي تم إخبارنا بأنّه يظهر العامل النّسيجي كنتيجة لتضاعف جين -بروتين آخر-، لكن بالتّأكيد لا يظهر العامل النّسيجي كنتيجة للتّضاعف بل ربما سينطبق هذا على بروتين آخر.

ولتوضيح معنى كلمة التّضاعف لنتخيّل أنّ معملا لصنع الدّرّاجات الهوائيّة تتضاعف فيه, فعندها سيبقى يصنع درّاجات هوائيّة وليس درّاجات ناريّة. ربّما يتضاعف جين البروتين عن طريق طفرة عشوائية, لكن لن يحدث ذلك فقط من أجل امتلاك خصائص جديدة معقّدة. بما أنّ الجين المتضاعف ببساطة يعدّ نسخة عن الجين القديم, يجب أن يشمل تفسير ظهور

العامل النّسيجي طريقًا وهميًا يقوده لاكتساب وظيفة جديدة. يتم تجنّب هذه المشكلة بتروّي. يصطدم مخطّط دوليتل Doolittle بالمشكلة نفسها في إنتاج كلّ من طليعة الثرومبين ومستقبلات الثرومبين ومضادّ الثرومبين والبلازمينوجين ومضادّ البلازمين وطليعة الأكسيليرين وعامل ستيورات وطليعة الكونفرتين و عامل كرستماس والعامل المضادّ للنّاعور والبروتين C فعليًا كل بروتين في النّظام، وإنّ المشكلة الثّالثة في سيناريو تخثّر الدّم هي أنّه لم يتطرّق إلى القضايا المهمّة المتعلّقة بالكمّيّة والسّرعة والزّمان والمكان.

لم يُذكَر شيء عن كمّيّة موادّ التّخثّر المتوفّرة مبدئيًا, أو قوّة الخثرة التي ربما تتشكل بوساطة نظام بسيط أوْ الوقت الذي يلزم لتشكّل الخثرة فور حدوث الجرح أوْ ضغط التّدفّق الذي قد تقاومه الخثرة أوْ الضّرر النّاتج عن تشكّل خثرات غير ملائمة, وعدّة تساؤلات كهذه. ربّما تجعل القيم المطلقة والنسبيّة لهذه العوامل أو غيرها أيّ نظام افتراضي محدّد إمّا ممكنا وإمّا خاطئا بشكل مريع –وهو الأكثر احتمالا–. فمثلا إذا توافرت فقط كميّة صغيرة من الفيبرينوجين فربما لن تكفي لتغطية الجرح; وإذا شكّل الفيبرين البدئي نقطةً عشوائيّةً عوضا عن تشكيل شبكة فمن غير الممكن أن يُوقَف تدفّق الدّم. إذا كان الفعل الأوّلي لمضادّ الثرومبين سريعًا جدا، وكان الفعل الأوّلي للثرومبين بطيئًا جدًّا أو كان ارتباط عامل ستيوارت الأصلي أو عامل كرستماس أو العامل المضادّ للنّاعور ضعيفا جدا أوْ محكمًا جدا –أو إذا ارتبطت إلى أشكال غير فعّالة من أهدافها بالإضافة إلى الأشكال الفعّالة– فعندها سيتداعى النّظام برمّته. لا نجد ما قام به دوليتل Doolittle علمًا لأنه لم يأتي في أيّة مرحلة –ولا واحدة فقط– بمثالٍ قائم على أرقام وكميات، فبدون أرقام لا يوجد علم. إذا تمّ تمثيل تطوّر مثل هذا النّظام المعقّد عن طريق صورة شفهيّة فقط ببساطة لن يوجد مطلقا طريقة لمعرفة ما إذا كان يعمل فعلا. عندما يتم تجاهل مثل هذه الأسئلة المهمّة فإنّنا نخرج من إطار العلم وندخل في عالم الكرتون (كالفن وهوبسCalvin and Hobbes).

لا تعدّ الاعتراضات التي أثيرت حتى الآن هي الأكثر خطورة. بل الأخطر من ذلك، وربما الأوضح هي مخاوف التّعقيد غير قابل للتّبسيط. أؤكّد أنّ الانتقاء الطّبيعي محرّك نظريّة التّطوّر الدّاروني يعمل فقط في حال وجود شيء لانتقائه شيء ما يكون مفيدا الآن, وليس في المستقبل. حتّى إذا قبلنا بالسّيناريو الخاصّ به بغرض المناقشة، فإنّه باعتبار (دوليتل Doolittle) نفسه لا يظهر تخثّر الدّم حتى المرحلة الثّالثة على الأقل. إنّ تشكّل العامل

النّسيجي في المرحلة الأولى أمر غير مبرّرٍ، لأنّه عندها سيجلس دون القيام بأي شيء. في المرحلة التّالية -تتمتّع طليعة الثرومبين التي ظهرت مسبقًا بالقدرة على ربط العامل النّسيجي، حيث تفعّله بطريقة ما- لن تجد طليعة الثرومبين البدائيّة الفقيرة ما تفعله حتى، في النّهاية، تظهر مستقبلات الثرومبين الافتراضية في المرحلة الثالثة ويبرز الفيبرينوجين في الخطوة الرّابعة. يظهر البلازمينوجين في أحد المراحل لكن لا يظهر مُفعِّله (TPA) إلا بعد مرحلتين لاحقتين. يُقدَّم عامل ستيورات في مرحلة ما، لكن لا يفعل شيئًا حتى ظهور مُفعِّله -طليعة الكونفرتين- في المرحلة التّالية ويرتبط العامل النّسيجي بطريقة ما إلى هذا المعقّد. تواجه تقريبًا كل مرحلة في هذا الطّريق المُقتَرح المشاكل نفسها.

لا تبدو الكلمات البسيطة مثل (لا يظهر المُفعِّل إلا بعد مرحلتين لاحقتين) مثيرةً حتّى تتأمّل في الآثار المترتّبة عليها لأنّه يحتاج إلى بروتينين اثنين -طليعة الإنزيم ومُفعِّله- في كلّ مرحلة في الطريق، لذلك تكون فرص الحصول على البروتينين معاً تقريبا مربع فرص الحصول على أحدهما. حسبنا فرص الحصول على (TPA) لوحده لتكون عشر الطّاقة الثّامنة عشرة؛ وفرص الحصول على (TPA) ومُفعِّله معاً حوالي عشر الطّاقة السّادسة والثلاثين إنّه رقمٌ كبيرٌ مرعبٌ. لا يُتوَقَّع حصول مثل هذا الحدث حتى إذا تمّ حسر عمر الأرض المقدّر بعشرة بلايين سنة في ثانية واحدة وأُعيدَت حياة كل ثانية حتى عشرة بلايين سنة. لكن تعدّ الحالة الأكثر سوءًا بالفعل ما يلي: إذا ظهر بروتينٌ ما في أحد المراحل[١٠] حيث لا دور له فيها، فعندها ستميل الطّفرة أو الانتقاء الطّبيعي إلى التّخلّص منه. وبما أنّه لا يؤثّر بشكلٍ مهمٍّ فإنّ فقدانه لن يكون ضارًا، ولكن سيُكلِّف إنتاجُ جينٍ وبروتينٍ طاقةً لا تصرفها الكائنات الأخرى. وبالتّالي فإنتاج بروتين غير مفيد أمرٌ ضارٌّ على الأقلّ بدرجة ثانويّة. فعليًا ربّما تعيق الآلية الداروينية للانتقاء الطبيعي تشكيل نظام معقّد بشكل غير قابل للتّبسيط مثل نظام شلّال التّخثّر.

يعترف سيناريو دوليتل Doolittle ضمنيًا بأنّ شلّال التّخثّر معقّد بشكل غير قابل للتّبسيط، لكنّه يحاول أن يغطّي معضلة الإشارات المجازيّة للين واليانغ. وخلاصة القول أنّه يجب أن يتم إدخال مجموعة بروتينات دفعةً واحدةً إلى شلّال التّخثّر. يمكن أن يحدث هذا فقط من خلال افتراض وحش الأمل الذي من حسن حظّه يحصل على جميع البروتينات دفعةً واحدةً أو بتوجيه من عميل ذكي.

وبتبنّي مثال الأستاذ دوليتل Doolittle، يمكننا أن نقترح الطّريق الذي تمّ من خلاله إنتاج أوّل مصيدة فئران: تظهر المطرقة نتيجة تضاعف المخلّ في مرآبنا. تصبح المطرقة على اتّصال

مع المنصّة نتيجة خلط عديد من العصي المثلّجة. ويؤخذ النّابض من ساعة الجدّ التي كانت تُستخدَم كجهازٍ لضبط الوقت. يُصمَّم شريط الإمساك من القصبة الخارجة من علبة الصودا المرمية، ويحرّر الآسر من غطاء العلبة. ولكن لا تحدث الأمور بهذه الطريقة إلّا إذا قام أحدٌ ما أو شيءٌ ما بتوجيه العملية.

أُذكّر بأنّ متابعي (دوليتل Doolittle) للمقالة في مجلّة التّخثّر والإرقاء (Thrombosis and Haemostasis) هم روّاد في بحث التّخثّر، حيث إنّهم على علم بأحدث التّطوّرات. حتّى الآن لم تشرح لهم المقالة كيف نشأ التّخثّر وكيف تطوّر فيما بعد؛ ولكنّها تحكي لهم قصّةً فقط. والحقيقة أنَّ لا أحد على وجه الأرض يعرف الفكرة المبهمة عن كيفية ظهور شلّال التّخثّر.

نقد وإطراء

لم يُقصَد من النّقاش السّابق انتقاص (روزل دوليتل Russell Doolittle) الذي قام بالعديد من الأعمال الجيّدة على مدى سنوات في مجال بنية البروتين. في الواقع استحقَّ الكثير من الفخر لكوْنِهِ من القلّة القليلة -ربّما الشخص الوحيد- التي حاولت تفسير نشأة هذا النّظام الكيميائي الحيوي المعقّد، حيث لم يُقدِّم أحد غيره مثل هذا الجهد الكبير في دراسة أصول تخثّر الدّم، بل كان القصد من النّقاش بكل بساطة توضيح الصعوبة الكبيرة -في الواقع والاستحالة الواضحة- لمشكلةٍ وقفت في وجه جهود أكبر العلماء المبذولة خلال أربعة عقود. يُعَدُّ تخثّر الدّم نموذجًا للتّعقيد المُربِك الذي يقف أيضًا وراء العمليّات الفيزيائية البسيطة. تفشل النّظرية الداروينية في مواجهة مثل هذا التّعقيد المُبطِّن لظاهرةٍ بسيطةٍ.

ومثل آلة السّاذج (جولدبيرج Rube Goldberg) في نهاية المطاف فإنَّ شلال التّخثر فعل متوازن مُذهِل فيه مستودع من الكيميائيات الحيوية -زخارف متنوعة رياضية وأشكال من إعادة الترتيب مُقدَّمة من قبل إنزيمات مُعدَّلة- تصطدم بعضها ببعض في زوايا دقيقة في تسلسل مرتّب بدقّةٍ حتّى، في النّهاية يسحب فوغورن لغورن Foghorn Leghorn عمود الهاتف وينهض عن الأرض ويتوقّف النّزف من جروحه ويقف الجمهور على أقدامهم في تصفيقٍ متواصل.

الفصل الخامس

من هنا إلى هناك

الحصبة

فحص الطبيبُ في عيادته ثالثَ مريضٍ شابٌ قد تغيبَ اليومَ أيضًا عن المدرسة بسبب الحُمَّى والألم والعيون المحمرة، فهو مصابٌ كالذين سبقاه بالحصبة (measles) –وليست الحصبة الألمانية (rubella)– ولم يكن ملقحًا –كالولدين السابقين تماما–، إذ لا يلقح إلا القليل من الأطفال في الأحياء المزدحمة داخل المدينة، ولأنَّ الحصبةَ تعدُّ من الأمراض النادرة حاليا، وقد ينسى الناس مقدار الخطر المرافق للإصابة بها، فالآباءُ يعتقدون أنَّها قضيةٌ بسيطة؛ مجرد بضع حويصلات مؤقتة وراحة في السرير. ولكنَّهم مخطئون فالحصبة تجعل المريض أكثر عرضة للإصابة بإنتانات أخرى –كالتهاب الدماغ–، وقد تعلم الأطباءُ ذلك بعد أنْ توفي أولُ مريضٍ بسببه.

إنَّ ظهورَ ثلاث حالات حصبة في الحيّ خلال أسبوعٍ واحدٍ يعني أنَّ المرضَ قدْ بدأ ينتشر، ويخشى الطبيبُ من ظهور الوباء فاتصل مباشرةً بموظفي الصحة في المدينة وأبلغهم بالمشكلة وأرسل المفوضَ الصحيَّ على الفور فاكْسًا يطلب فيه من مركز مكافحة الأمراض (CDC) في أطلنطا إرسالَ عشرة آلاف جرعة من لقاح الحصبة. والخطة تقتضي الشروع ببرنامج التلقيح الخاص بالكوارث بشكل مباشر في الحي لكيْ يتمَّ احتواءُ انتشار المرض وسيتم عزل الأطفال المصابين، ثم بعد احتواء الجائحة سيبدأ برنامج تثقيفي لتحذير الآباء من الأخطار المرافقة للأمراض الفيروسية التي تصيب الأطفال.

ولكن يجب ترتيب الإجراءات حسب الأولوية فالآن تلح الحاجة المباشرة إلى إعطاء اللقاح.

استقبل الفاكس في مركز مكافحة الأمراض وتمتْ الموافقةُ على الطلب ليذهب التقني إلى المستودع وفيه عددٌ كبيرٌ من الغرف المبردة التي تحتوي على مخزون لقاح (الحصبة والجدري وجدري الماء والدفتيريا والتهاب السحايا) والكثير غيرها أيضا. وبتفحص التقني اللصاقات المعنونة للطرود، فيلاحظ أنَّ الحقائبَ التي في الزاوية الخلفية تحتوي على لقاح الحصبة، فيقوم بتحميلها في العربة، ثم يدفعُ العربةَ خارجًا إلى منصة التحميل حيث تنتظر شاحنة مبردة تأخذ الطرود إلى المطار. وفي المطار، تذهب الشاحنة إلى محطة خدمة إيصال الطرود التجارية، هناك العديدُ من الطائرات المركونة في المحطة، ولكن سائق العربة يعثر على لافتة معنونة للطائرة المتجهة إلى المدينة المقصودة.

يتمُّ تحميلُ الحقائب على الطائرة ثم تقلع وتصل إلى مطار المدينة المصابة فتجد شاحنة مبردة أخرى بانتظار وصول الطائرة، وبعد التعرف على الطرود من خلال اللصاقات المعنونة، والمعزولة عن باقي الطرود التي على متن الطائرة، تُحْمَلُ في الشاحنة، ويقرأ السائق عنوان العيادة من الأوراق الملحقة بالطرود، ثم يسرع باتجاه العيادة وهنالك يتم تفريغ الشاحنة من قبل مجوعة من العمال الطبيين ويفتحون الطرود. قريبًا سيدخل سيل من الأطفال إلى العيادة ليتم تلقيحهم، وبينما يمر كلُّ طفل، تأخذ ممرضة عبوة اللقاح، وتزيل الغطاء المعدني الرقيق، وتدخل إبرة المحقنة إلى العبوة، وتستخرج السائل، وتحقنه في ذراع الفتى المكشر.

نجحت هذه الاستراتيجية؛ فقد أصيب عددٌ قليل من الأطفال الآخرون بالحصبة، ولم يُتَوَفَّ أحدٌ منهم؛ لقد تم احتواء الوباء، وانتقل المسؤولون الصحيون في المدينة إلى المرحلة التالية من الخطة وهي الحملة التثقيفية.

أخطاء مؤسفة

يرجع المخرج كرسيه إلى الوراء، ويقذف بالنص على الطاولة؛ (وباء) –أول فلم ينتجه للعرض التلفزيوني– بدأ يأخذ شكله المناسب، ففيه الدراما والإثارة، والأطفال اللطيفون والأطباء الجذابون والممرضات، وموظفو الحكومة النبلاء، والخبير التقني أيضا.

تبًّا! إنَّ المخرج لا تعجبه تلك النهاية السعيدة، إنَّهُ متشائمٌ جدًّا لأنَّهُ شاهد الكثيرَ من الأغبياء العاجزين، مما يجعله يرفض هذا المشهد: فقد تمَّ إزالة مرارة أخته بنجاح من قبل جراح محترف رغم أنَّها ذهبت إلى المشفى في الأساس لاستئصال الزائدة الدودية!

سمحت لجنة الأحياء التي يديرها عمُّ أحد الجيران بافتتاح رواق فيديو في هذا الحي الهادئ، وقام بعض الأشقياء من المدرسة المحلية بتفريغ إطارات سياراته من الهواء؛ لذلك فلا يحب المخرج الأطباء، كما أنَّهُ يكره السياسيين ويمقت الأطفال.

بالإضافة إلى ذلك أراد المخرج أنْ يصبح فنانًا عظيمًا؛ ومن المفترض أنَّ الفنانَ الكبيرَ يمكنه تمثيل الضعف الإنساني، التراجيديا الناتجة عن محدودية قدرة البشر، أليس هذا ما فعله شكسبير؟ فهم لا يتاجرون بالمواضيع الحساسة للجماهير البسيطة؛ لذا يغلق المخرج عينيه ويبدأ تخيل سيناريوهات مختلفة.

يبدأ الوباء، يجتمع المسؤولون، وتبدأ الاتصالات بمركز مكافحة الأمراض. يذهب التقني إلى الغرف المبردة ويجلب الصناديق المعنونة بلقاح الحصبة، ثم إلى الشاحنة وبعدها إلى الطائرة وتنزل الحمولة في المدينة ثم تصل إلى العيادة في نهاية المطاف، يدخل الأطفال بضجيجهم وتعطيهم الممرضات اللقاح، تمرُّ أيامٌ ويتوفى ثلاثةُ أطفال آخرين، وبعد أسبوع يموت مجموعة من الأطفال، وبعض المتوفين كانوا ممن أخذ اللقاح وبعد شهرين آخرين يتوفى مئتا طفل والآلاف أصيبوا بالمرض، وتقريبًا جميعهم أخذوا اللقاح! يأمر المسؤولون المتحيرون بالتحقيق، ويتبين أنَّ الطرودَ كانت معنونةً خطأ فاللقاح مخصصٌ للدفتيريا وليس للحصبة، وحاليًا بات كلُّ الأطفال في المدينة تقريبًا مرضى وليس بالإمكان فعل شيء فالمرض سيستمر حتى انتهاء دورته.

يبتسم المخرج سيعرضُ بعضَ الأشقياء المحليين كأطفال أصابتهم اللعنة.

ربما يحتاجُ الفيلمُ أيضًا إلى تشويق أكثر مع انتشار الوباء، ولذلك فعندما يتم الاتصال بمركز مكافحة الأمراض وينزل التقني لإحضار اللقاح سيجد أمامه لاصقات العنونة قد سقطت جميعها واختلطت على الأرض بتأثير هواء مروحة التبريد، ومن المستحيل إعادتها من جديد لوضعها الصحيح؛ فيتصبب العرق من جبين التقني. إنَّهُ يعلم أنَّ الأمر قد يحتاج لأسابيع لإنهاء تحليل محتويات الصناديق والتميز بينها، ومعرفة الصندوق الصحيح. وخلال هذه الأسابيع سينتشر المرض، ويبدأ السياسيون بالصراخ، ويتوفى العديد من الأطفال، وربما سيطرد من عمله.

يمكن إحداث العديد من التغييرات في الخطة بسهولة، تنقل الشاحنة الصناديق إلى الطائرة الخطأ، تفرغ الطائرة الحمولة في شاحنة الاستلام الخطأ، اختطاف الشاحنة في الطريق إلى العيادة، تنقل الشاحنة الحمولة إلى البناء الخاطئ، أغطية عبوات اللقاح مصنوعة بالخطأ من معدن سميك، وليس رقيقًا ولا يمكن إزالتها دون كسر الزجاجة وتلويث اللقاح.

يشير المخرج في جميع هذه الحالات بشكل مقبول إلى عامل الخطأ البشري ويسلط الضوء عليه، إذ تحبط الإنجازات العظيمة للعلم –التي تتمثل في اللقاحات للحد من الأمراض، الطائرات والسيارات التي تسرع من عملية الإمداد– بسبب الغباء الخالص والبسيط.

يضرب المخرج على ركبته: نعم سيكون موضوع الفيلم معركة –نضال ملحمي– (ألبرت أينشتاين) ضد العملاء الثلاثة و(أينشتاين) عاجز في هذا الموقف.

خدمة التوصيل

إنَّ كلَّ المشاكل التي حدثت بشكل غير متوقع في سيناريو الفيلم تتعلق بإيصال الطرود إلى الوجهة النهائية. على الرغم من أنَّ الفيلم عرض حالات الوفاة والمرض، لكن تظل المشكلة الشائعة ذاتها في كل محاولات إيصال طرود محددة إلى وجهة المعنية. افترض أنَّك ذهبتَ إلى محطة نقل في فيلاديلفيا لتستقل الحافلة إلى نيويورك، ووجدت مئات الحافلات مصطفة مرتبة في صف، والمحركات تدور جاهزة للانطلاق إلى وجهتها، ولكن لا توجد أيَّةُ علامة على الحافلات، وكذلك رفض السائق والركاب إخبارك بوجهة الحافلة، فتستقل أقرب حافلة منك ثم تجد في نهاية الرحلة أنَّك وصلت مدينة (بطرسبرغ).

على نظام الحافلات أنْ يجابه المشاكل نفسها التي واجهها مركز مكافحة الأمراض؛ مثل إيصال الطرد -أو المسافر- الصحيح إلى الوجهة الصحيحة، وكذلك خدمة نقل البريد بالأحصنة عندها نفس المشاكل، فبينما ينقض الخَيَّالُ لكي يلتقط كيسًا صغيرًا من البريد، على أحدهم أنْ يتأكدَ من أنَّ البريدَ الذي في الكيس هو البريد المطلوب أنْ يرسل إلى المكان الذي سيتوجه إليه الحصان، وعلى الخَيَّال أن يتعرف على وجهته عندما يصل إليها.

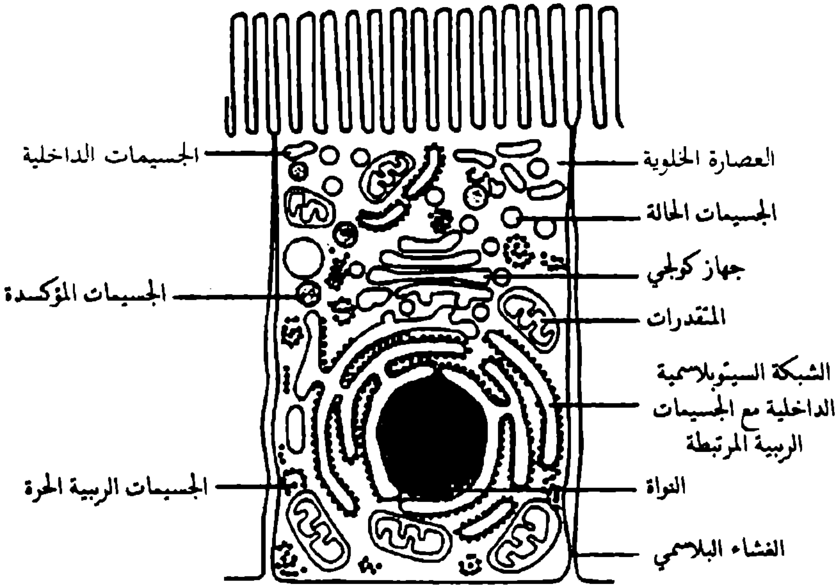
تواجه جميعُ أنظمة توصيل الشحنات مشكالَ مشتركة: فعلى الحمولة أنْ تكونَ معنونةً إلى مكان التوصيل بشكل صحيح، وعلى الناقل أنْ يتعرفَ على عنوان الوجهة ويضع الحمولة في وسيطة النقل الصحيح، كذلك على الحمولة أنْ تتعرفَ متى تصل إلى الوجهة المطلوبة لكي يتمَّ استلامُ البضاعة وإذا ما فقدتْ أيٌّ من هذه الخطوات فسوف يفشل النظام بشكل كامل. كما رأينا في الفيلم المعد للتلفزيون، إذا ما عنونت الصناديقُ بشكل خاطئ أو لمْ يتوافر عليها لاصق عنونة فلن تخرج من المخزن، وإذا وصلت الطرود إلى العنوان الخاطئ أو لم نستطع فتح العبوة حال وصولها فكأنها لم ترسل إلينا من الأصل؛ لذا يجب أنْ يكونَ كلُّ جزء من النظام بأكمله في موقعه الصحيح قبل الشروع بأيِّ عمل.

اعتقد (إرنست هيكل Ernst Haeckel) أنَّ الخليةَ عبارةٌ عن (كرة بروتوبلازمية متجانسة) ولكنه كان مخطئا.

فلقد أثبتَ العلماءُ أنَّ الخلايا بُنًى معقدةٌ، وبشكل خاص الخلايا حقيقيات النوى -وهي خلايا جميع الكائنات الحية باستثناء البكتيريا-، فتمتلك حقيقيات النوى أجزاء مختلفة يختص

كلٌّ منها بدور مختلف من حيث المهام التي تنجزها، كما أنَّنا نجد في كلِّ منزلٍ مطبخًا وغرفةَ جلوس وغرفةَ نومْ وحماما، فإنَّ للخلية أجزاءً نوعيةً منفصلة خصصت لأغراض محددة.(الشكل ٥-١) تتضمن هذه المناطق: النواة -حيث يستقر الـ(DNA)- والميتوكوندريا -حيث يتمُّ إنتاجُ الطاقة الخلوية- والشبكة البلاسمية الداخلية -والتي تعالج البروتينات- وجهاز غولجي -محطة مؤقتة لنقل البروتينات إلى أماكن أخرى- والليزوزمات -وحدة التخلص من النفايات- والخردوات وداخل الخلية وحويصلات الإفراز -لتخزين الحمولات قبل إرسالها خارج الخلية- ، والبيروكسية (peroxisome) -والتي تساعد على استقلاب الدسم-. وكلُّ حجيرة مغلقة بإحكام ومنفصلة عن باقي مكونات الخلية بواسطة غشائها الخاص -كما تكونُ الغرفُ في البيت معزولةً عن بقيَّة بعضها بالجدران والباب-؛ فيمكن للأغشية بحد ذاتها أنْ تعتبرَ مكونًا منفصلا لأنَّ الخليةَ تضعُ عددًا من المواد فيها مما لا نجده في أماكن أخرى.

بعض المكونات لديها أقسام منفصلة أيضا، فعلى سبيل المثال: تحاط (الميتوكوندريا) بغشاء ذي طبقتين مختلفتين.



الجسيمات الحالة (Lysosome)
جهاز كولجي (Golgi apparatus)
المتقدرات (Mitochondria)
النواة (nucleus)
الجسيمات الداخلية (Endosome)
الجسيمات المؤكسدة (peroxisome)
الجسيمات الربيبة الحرة (free ribosome)

الشكل ٥-١ : أجزاء الخلية الحيوانية.

ويمكنُ النظرُ إلى جسيم الميتوكوندريا باعتباره يحوي أربعة أقسام منفصلة: المسافة داخل الغشاء الداخلي، والغشاء الداخلي ذاته، والمسافة بين الغشاء الداخلي والغشاء الخارجي، والغشاء الخارجي نفسه. وإذا ما عددت الأغشية والمسافات الداخلية فهناك أكثر من عشرين قسمًا مختلفًا في الخلية.

الخلية جهاز ديناميكي، تقوم بتصنيع بنيات جديدة باستمرار وتتخلص من المواد القديمة، ولأن الحجيرات الخلوية مغلقة، تعاني كل منطقة من مشكلة الحصول على المواد الجديدة، وهناك طريقتان تستطيع حل المشكلة بهما: الأولى أن تقوم كل حجيرة باصطناع المواد اللازمة لها بنفسها -كالعديد من القرى المكتفية ذاتيًا-، والثانية اصطناع المواد الجديدة مركزيًا ثم شحنها إلى الأجزاء الأخرى -كالمدن الكبرى التي تصنع ألبسة الجينز الزرقاء وأجهزة الراديو ثم ترسلها إلى المدن الأصغر-، أو أنْ تعتمدَ مزيجًا من الحلين الممكنين.

يتمُّ اصطناعُ معظم البروتينات مركزيًّا في الخلايا ثم تنقل إلى باقي أجزاء الخلية -رغم أنَّ بعض الحجيرات الخلوية تصنع بعض المواد لذاتها-، إنَّ شحنَ البروتين بين الأجزاء المختلفة للخلية عملية تفاعلية تأسر الألباب، وقد تختلف تفاصيلها اعتمادًا على وجهة البروتين، كما قد تختلف تفاصيل عملية الشحن اعتمادًا على وجهة الطرد؛ هل يتجه إلى طرف المدينة المقابل، أم أنَّهُ سيعبر المحيطات. سأركز في هذا الفصل على الآليات التي تستخدمها الخلية للتخلص من بروتين بإرساله إلى محطة النفايات الخلوية أو الليزوزومات، وسيتضحُ لك أنَّ على الخلية مواجهةَ نفس المشاكل التي واجهها مركز مكافحة الأمراض عند شحن الطرود المهمة.

ضائع في الفضاء

عندما يتمُّ اصطناعُ بروتين جديدٍ في الخلية يتمُّ استخدام العديد من الآلات الجزيئية، ثم تمسك بعض الآلات البروتينَ وترسله بعيدًا حيث الوجهة المطلوبة، بعد قليل سأتتبع البروتين على طول مسار رحلته منذ البداية وحتى النهاية، تحمل الآلات البروتينية أسماء غريبة أيضا، من الصعب بالنسبة للعديد من الناس تخيل هذه الأشياء في عقولهم، إذ لم يعتادوا التفكير بها، ولذا أبدأ بعرض محاكاة ستستغرق عدة صفحات تالية:

في المستقبل البعيد قامت البشرية بمحاولة لاستكشاف الفضاء القريب منا، ولكن لأنَّ الخطرَ عظيمٌ جدًّا بسبب المذنبات والعواصف المغناطيسية والكائنات الفضائية الغازية تمَّ توكيلُ المهمة إلى المسابر الآلية الميكانيكية الفضائية لكي تنطلق إلى الكون وتستكشف أطراف مجرتنا وما ورائها، وبالطبع سيتطلب الأمر مدة طويلة من الزمن للوصول إلى حدود المجرة، وأطول من ذلك للوصول إلى ما ورائها؛ لذا تمَّ بناءُ المسابر الفضائية لتحقق الاكتفاء الذاتي؛ فيمكنها الهبوط على الكواكب المقفرة والتنقيب عن المواد الأولية، كما يمكنها تصنيع آلات جديدة من المواد الخام، وتقوم بالتقاط الطاقة من ضوء النجوم لتشحن به بطارياتها.

وبما أنَّ المسبار الفضائي مجردُ آلة؛ فعليه أنْ ينجزَ كلَّ المهام الموكلة إليه عبر تزويده بأدق التفاصيل الميكانيكية المتعبة، وليس عبر السحر، إحدى المهام هي إعادة تدوير البطاريات القديمة، فاستخدام البطارية يستهلك قدرتها وعلى المسبار صنع بطاريات جديدة، فتصنع البطاريات الجديدة من خلال طحن البطاريات القديمة، واستعادة المكونات القديمة بصهرها، ثم إعادة سبْكها وصنع غطاء لها ليتمَّ إضافةُ المواد الكيماوية الجديدة؛ إذًا إحدى الآلات التي تستخدم في هذه العملية تدعى (محطم البطاريات).

صنع المسبار الفضائي على شكل كرة كبيرة، في داخله العديد من المكونات الصغيرة –كريات أخرى أصغر مستقلة–، تمتلك كل واحدة منها آلات خاصة بها للقيام بمهامها المتخصصة، وفي الكرية الأكبر داخل هذه الكرة –ولنسمها (المكتبة)– تتوافر مخططات تصنيع جميع الآلات التي في المسابر الفضائية، ليست مخططات عادية بل لنتصورها كمخططات مكتوبة بطريقة (بريل braille) الخاصة بالمكفوفين –أو ربما كورقة محززة لعزف البيانو آليًا–؛ حيث تحت كل ثلمة في المخطط توجد الآلة الرئيسية القادرة على اصطناع الآلة التي تشفرها هذه المخططات!

في يوم عادي تلتقط مستشعرات المسبار الفضائي –بآلية سنتجاهلها الآن– أنَّ المسبار بحاجة إلى محطم بطاريات آخر، وأنْ يرسلَ الجديدَ للعمل في غرفة معالجة النفايات –أو الخردوات–، حيث سيساعد في إعادة تدوير البطاريات. وهكذا تبدأُ العمليةُ المطلوبة للقيام بهذا الأمر: يتم نسخ مخططات محطم البطارية في المكتبة، ومن ثم تطوف النسخة لتصل إلى نافذة المكتبة –تذكر أنَّه لا توجد جاذبية–، يوجد على طرف المخطط ثقوب مرتبة وفق نمط خاص تطابق بشكل دقيق علامات موجودة على آلة الماسحة عند النافذة، عندما يعلق المخطط بالماسح، يفتح باب النافذة كما يفتح مصراع الكاميرا، ويهتز المخطط متحررًا من الماسح، ويطوف خارجًا من المكتبة إلى المنطقة الرئيسية من المسبار.

تطوف في المنطقة الرئيسية –بحُرية– العديدُ من الآلات وأجزاء الآلات والبراغي والحزقات والأسلاك.. وتستقر في هذا الجزء العديد من نسخ ما يدعى بالآلات الرئيسة؛ التي تكون وظيفتها صنع الآلات الأخرى، وتقوم بذلك عبر قراءة الثقوب في المخطط، فتجلب ما يلزم من الحزقات، والبراغي، وباقي الأجزاء التي تطوف في الجوار، وتركب الآلة قطعة قطعة.

يتصل مخطط محطم البطاريات أثناء تطوافه في المنطقة الرئيسية بشكل سريع مع الآلة الرئيسة، ويبدأ ضجيج دوران أذرع للآلة الرئيسة وهي تلتقط وتجمع البراغي والحزقات لتركيب آلة محطم البطاريات، وقبل أن تركب جسد المحطم تقوم الآلة الرئيسة بصنع لاحقة –زخرفة– مؤقتة تسم المحطم على أنَّهُ آلة عليها مغادرة المنطقة الرئيسية.

يوجد في المنطقة الرئيسية آلة أخرى تدعى (المرشد)، ويكون شكل المرشد مكملًا تمامًا لشكل الزخرفة، ويسمح مغناطيس صغير على المرشد بالارتباط مع الزخرفة كالقفل، وخلال

اتصال المرشد بالزخرفة يتسبب بضغط مفتاح على الآلة الرئيسة يوقف عملية صنع آلة محطم البطاريات.

يوجد في خارج إحدى الكريات الداخلية -سنسمي الكرة غرفة المعالجة رقم (١)- موقع استقبال له شكل مكمل لجزء من المرشد وجزء من الزخرفة، عندما تصدم الزخرفة والمرشد والأجزاء المرتبطة بهما بالموقع هذا ينقلب وضع التوقف الذي كانت عليه الآلة الرئيسة لتعود للعمل من جديد.

توجد نافذة بالقرب تمامًا من موقع الاستقبال ذي الشكل الخاص، وعندما تطرق عليها الزخرفة -يبدو أن هناك الكثير من عمليات التصادم تحصل هنا- سوف يتفعل حزام ناقل داخل غرفة المعالجة، ويقوم الحزام بشد محطم البطاريات الجديد إلى داخل غرفة المعالجة، تاركًا كلًّا من الآلة الرئيسة والمخطط والمرشد في الخارج.

بينما يتم سحب المحطم عبر النافذة؛ تقوم آلة أخرى بإزالة الزخرفة التي انتهت الفائدة منها، ويتم الآن طمر الآلة التي صنعت بشكل مذهل ضمن الجدارن المرنة لغرفة المعالجة (١)، مسببة انخماص جزء من الجدار لكي يحيط بها مغلقا عليها وفي داخله بعضا من الآلات، وتتشكل غرفة فرعية جديدة تطوف في الأرجاء، ثم يلتحم الجدار الذي خرجت منه ذاتيًا بشكل سلس.

ستطوف هذه الغرفة الآن لمسافة قصيرة قبل أنْ ترتطم بغرفة معالجة أخرى، تلتحم الغرفة الفرعية بجدارنها وتقذف بمكنوناتها ضمن غرفة المعالجة رقم (٢)، ثم يتابع محطم البطاريات طريقه عبر الغرف رقم (٣) و(٤) وفق آليات مشابهة لتلك التي نقلته من الغرفة رقم (١) إلى الغرفة رقم (٢). تتلقى الآلة في غرف المعالجات هذه الوسوم الموجة لها نحو وجهتها الأخيرة، ويتم تثبيت لاقط على محطم البطارية، ويشذب بسرعة لكي يأخذ هيئة خاصة، ستخبر الهيئة الخاصة لهذا اللاقط المشذب آليات أخرى لكي تعمل على توجيهه إلى غرفة معالجة النفايات أو الخردوات.

ضمن جدار الغرفة الأخيرة للمعالجة توجد آلات (سائقة) تمتلك شكل مكمل لشكل اللاقط المشذب المثبت على محطم البطاريات، يلتصق المحطم بالسائق وتبدأ تلك المنطقة من الجدار بالانخماص لكي تشكل غرفة فرعية، يوجد خارج الغرفة الفرعية آلة أخرى -المرمزة

لعمليات التوصيل- ولها شكل يتكامل تمامًا مع شكل آلة اسمها مؤشر الميناء وهي ظاهرة فوق غرفة معالجة النفايات أو الخردوات، وتتصل الغرفتان الفرعيتان بوساطة الآلتين المتكاملتين، وتنجرف قريبًا منها آلة أخرى (البوابة)، وتمتلك البوابة شكلًا متكاملًا مع جزء من الآلة المرمزة لعملية التوصيل وجزء من الواسم للمدخل، وبالتصاقها بهما تفتح البوابة حفرة صغيرة في غرفة معالجة الخردوات، ومن ثم تلتحم الكرة الناقلة بها، مفرغة محتوياتها للتصريف؛ ويمكن لمحطم البطاريات البدء في عمله.

قد يستطيع القارئ في هذه المرحلة من الكتاب أنْ يرى بسهولة أنَّ نظامَ النقل الذي أرسل محطم البطاريات إلى وجهته نظام معقد تعقيدًا غير قابل للاختزال؛ فإذا ما فقد أحد هذه الأجزاء كثيرة العدد، فلن يصل المحطم إلى غرفة معالجة النفايات، بالإضافة إلى ذلك لا بد من الحفاظ على التوازن الدقيق في النظام، فكل مكون عليه التشابك مع مكون آخر لكي يقوم بوظيفته بدقة، ومن ثم عليه الانفصال، وكل مكون عليه أنْ يبدأ وينهي عمله في التوقيت الصحيح؛ فأيُّ خطأ يحدثُ سيسبب فشلَ هذا النظام.

تحقق من الواقعية

هذا خيال علميٌّ، أليس كذلك؟ الأشياء في هذا التعقيد لا وجود لها في الطبيعة، أليس كذلك؟ الخلية هي "كرية متجانسة من البروتوبلازما"، أليس هذا صحيحا؟ حسنًا وكلا.

جميع الآلات الرائعة في محيطنا تمتلك نظائر مباشرة لها في الخلية؛ فالمسبار الفضائي بحد ذاته هو الخلية، والمكتبة هي النواة، والمخطوطات هي الـ(DNA)، ونسخ المخطوطات هي الـ(RNA)، ونافذة المكتبة هي المسامات النووية والآلات الكبرى هي الريبوسومات والمنطقة الرئيسية هي السيتوبلازما والزخرفة هي تسلسل الإشارة.

كذلك فإنَّ محطم البطاريات هو إنزيم (الهيدرولاز الليزوزومي)، وكتاب الدليل هو جسيم تمييز الإشارة ([1]SRP)، والموقع المستقبل هو مستقبل الـ(SRP)، وغرفة المعالجة (١) هي الشبكة السيتوبلازمية الباطنة ([2]ER)، وغرفة المعالجة من (٢) حتى (٤) هي جهاز غولجي[3]،

---

[1] Signal Recognition Particle (SRP).

[2] Endoplasmic Reticulum.

[3] Golgi Apparatus.

والهوائي هو كربوهيدرات معقدة، والغرف الفرعية هي (الكوتومر Coatomer)[٤] أو الحويصلات المغلفة بالكلاثرين[٥]، وبروتينات متنوعة تقوم بأدوار في التقطيع والسحب وإيصال الشيفرات ووسم المنافذ والبوابات، وحجرة معالجة النفايات هي الجسيمات الحالة.

لنستعرض بسرعة كيف تجد البروتينات المصنعة داخل السيتوبلازما في النهاية طريقها إلى الليزوسوم؛ إنَّ ذلك سيستغرق فقرةً واحدة فحسب، ولا تقلق إنْ نسيت بسرعة أسماء وعمليات النقل الخلوي؛ فالهدفُ ببساطة هو إعطاؤك لمحة سريعة عن تعقيد الخلية.

تصنّع نسخة (RNA) –تدعى الRNA المرسال[٦] أوْ باختصار (Mrna)– من جين ال(DNA) المشفر لبروتين يعمل في التخلص من نفاية الخلية –الليزوسوم–، ولنسمِّ هذا البروتين نفاياتاز Garbagease[٧]، ويصنّع ال(mRNA) في النواة ثم يطفو باتجاه إحدى المسامات النووية، فتميّزُ البروتينات في المسام إشارةً على ال(mRNA)، وتنفتح المسام، ويطفو الmRNA باتجاه السيتوبلازما. في السيتوبلازما، تبدأ الأجهزة الكبرى في الخلية –الريبوسومات– بتصنيع النفاياتاز باستعمال المعلومات في الmRNA. يشتمل الجزء الأول في سلسلة البروتين المتنامية على تسلسل إشارة مؤلف من حوض أمينية. وحالما يتشكل تسلسل الإشارة، يلتصق بها جسيم تمييز الإشارة(SRP)، مسببا توقف عمل الريبوسوم، ويطفو ال(SRP) والجزيئات الملتصقة به بعد ذلك باتجاه مستقبل لل(SRP) في غشاء الشبكة السيتوبلازمية الباطنة (ER) ويلتصق به. يحفز ذلك الريبوسوم آنيًا لاستمرار التصنيع، كما يسبب انفتاح قناة بروتينية في الغشاء دخولَ البروتين عبر القناة إلى داخل الER، فيقوم إنزيم بقطع تسلسل الإشارة حالما يصبح النفاياتاز داخل ال(ER)، ثُمَّ تتمُّ إضافة معقد كربوهيدراتي كبير عليه. وتسبب بروتينات الكوتومر بروز جزء حويصلي من ال(ER)، يحتوي على بعض النفاياتاز بالإضافة لبروتينات أخرى، ثم ينفصل هذا البروز عن ال(ER) ويعبر باتجاه جهاز غولجي، ويلتحم به. وتعود بعض البروتينات إلى ال(ER) إذا كانت تحتوي على الإشارة المناسبة.. يحدث ذلك مرتين أخريين مع استمرار تقدم البروتين عبر الحجرات المتعددة في جهاز غولجي. وداخل جهاز غولجي يقوم إنزيم بالتعرف على رقعة

---

[٤] هو معقد بروتيني يغلف الحويصلات الناقلة المرتبطة بغشاء الخلية.

[5] Clathrin Coated Vesicles.

[6] Messenger RNA.

[٧] اسم مستعار وضعه المؤلف للتبسيط وهو من كلمة "نفايات" بالإنكليزية.

الإشارة على النفاياتاز ويضع زمرة كاربوهيدرات أخرى عليه، ويقوم إنزيم ثانٍ بقطع الكربوهيدرات المرتبطة حديثًا، تاركًا وراءه (مانوز-٦- فوسفات) (M6P)، ليتم في الحجرة النهائية لجهاز غولجي اجتماع بروتينات الكلاثرين في رقع، ثم تبدأ بالتبرعم. يوجد داخل حويصلات الكلاثرين مستقبل بروتيني يرتبط بـM6P، ويرتبط مستقبل الـ(M6P) مع الـM6P في النفاياتاز ويجذبه على متنه قبل انفصال الحويصل. يوجد خارج الحويصل بروتين v-SNARE يميّز نوعيًّا جزيئة (t-SNARE) الموجودة على الليزوسوم، وعند الإرساء تقوم بروتينات (NSF) و(SNAP) بدمج الحويصل مع الليزوسوم، ليصل النفاياتاز لوجهته ويمكنه البدء بوظيفته التي صنع من أجلها.

إن مسبار الفضاء التخيلي هذا معقد جدًا لدرجة أنَّهُ لم يخترع بعد ولا حتى بصورة بسيطة، إن النظام الخلوي الحقيقي موجود مسبقا، وفي كل ثانية في كل يوم تحدث هذه العملية في جسمك لمليارات المرات غير المعدودة. العلم أغرب من الخيال.

متطلبات العمل

يسافر النفاياتاز مسافة تبلغ حوالي جزء من عشرة آلاف من الإنش، في رحلته من السيتوبلازما إلى الليزوسوم، ومع ذلك فهي تتطلب مساعدة عشرات من البروتينات المختلفة لتضمن وصولها الآمن. في فلمنا التلفازي الخيالي سافر اللقاح ربما لألف ميل من مراكز مكافحة الأمراض إلى المدينة الكبيرة حيث يحتاجه الناس -مسافة أكبر بتريليون مرة من تلك التي يسافرها النفاياتاز-، ولكن العديد من الشروط المطلوبة لنقل اللقاح كانت مماثلة لنقل الإنزيم من السيتوبلازما إلى الليزوسوم. يتم فرض المتطلبات بناء على نوع المهمة المطلوب إنجازها، ولا تتعلق بالمسافة المقطوعة، ولا نوع العربة المستخدمة، ولا بالمواد التي تصنع منها الإشارات.

يميّز كتابٌ دراسيٌّ حديث ثلاثَ طرق تستخدمها الخلية لإدخال البروتينات إلى الحجرات.[١] أولها: حيث توجد بوابة كبيرة تفتح وتغلق لتنظيم مرور البروتينات عبر ا[illegible]، ويعرف بـ(النقل المبوّب Gated Transport) ؛ إنَّ هذه الآلية هي التي تنظم تدفق المواد مثل الـmRNA المصنع حديثًا بين النواة والسيتوبلازما -أو بلغة مسبار الفضاء تدفق المخطوطات خارج المكتبة إلى المنطقة الرئيسية-. والنمط الثاني هو(النقل عبر الغشاء Trans membrane

Transport)؛ يحدث هذا عندما يقوم بروتين مفرد بالبروز بشكل خيطي عبر قناة بروتينية، مثلما ينتقل النفاياتاز من السيتوبلازما إلى الـER. أمّا النمط الثالث هو (النقل الحويصلي Vesicular Transport)، حيث يتم نقل حمولة من البروتين إلى داخل مستوعبات ليتم شحنها، كالرحلة التي حدثت من جهاز غولجي -غرفة المعالجة النهائية- إلى الليزوسوم - حجرة معالجة النفايات-.

لأغراضنا الخاصة يمكن اعتبار النمطين الأوليين متماثلين؛ فكلاهما يستعمل بوابات في الغشاء، والتي تسمح بعبور البروتينات بشكل انتقائي. في حالة النقل المبوب تكون البوابة كبيرة للغاية، ويمكن للبروتينات أن تعبر بالشكل المنطوي، وفي حالة النقل عبر الغشاء تكون البوابة أصغر، وعلى البروتينات أن تتحول للشكل الخيطي كي تعبر، لكن من حيث المبدأ ليس هناك عائق في توسيع أو تقليص حجم البوابة، لهذا فإنها تعتبر متماثلة؛ ولذا سأدعو كلا من هذين النمطين بـ(النقل المبوب).

ما هي المتطلبات الخام والضرورية للنقل المبوب؟ تخيلوا مرآب سيارات مخصص للأشخاص ذوي اللوحات الدبلوماسية، ويوجد في مكان وصول الشخص للمرآب جهاز ماسح يتعرف على الرمز الشريطي (الباركود) للوحة السيارة، وإذا كان الباركود صحيحًا فإن أبوب المرآب تفتح. تصل سيارةٌ بلوحة دبلوماسية إلى المرآب، يقوم الماسح بقراءة الباركود، فيفتح باب المرآب وتدخل السيارة. لا يهم إذا مشت السيارة عشرة أقدام أو عشرة آلاف ميل إلى المرآب، أو إذا كانت تلك العربة هي شاحنة أو سيارة جيب أو دراجة نارية؛ فإذا حملت الباركود، يمكنها العبور. وهكذا نرى أنَّهُ تلزم ثلاثةُ عناصر رئيسية للنقل المبوب في المرآب: علامة تعرّف وجهازٌ ماسحٌ وبوابةٌ تُشَغَّلُ عن طريق الماسح. إذا فُقِدَ أيٌّ من هذه العناصر فإمّا ألّا تدخل العربة المرآب أوْ ألّا يعتبر المرآب منطقة مخصصة.

وبسبب احتياج النقل المبوب لثلاثة عناصر على الأقل ليعمل، فإنه معقد غير قابل للاختزال. لهذا السبب فإنَّ التدرجَ الوهميَّ في التطور الدارويني للنقل المبوب في الخلية يواجه مشاكل هائلة؛ فإذا لم تحتو البروتينات على أي إشارة للنقل، لن يتم تمييزها، وإذا لم يكن هناك مستقبل لتمييز الإشارة، أو لم تتوفر قناة ليتم العبور من خلالها، فإن النقل لن يحصل مجددًا، وإذا كانت القناة مفتوحة لكل البروتينات، فإن الحجرات المغلفة لن تكون مختلفة عن باقي الخلية.

إن النقل الحويصلي أكثر تعقيدًا من النقل المبوب؛ افترض الآن بدلًا من دخول سيارات الدبلوماسيين إلى المرآب سيارة واحدة في كل مرة، على كل الدبلوماسيين أن يقودوا سياراتهم إلى متن قاطرة ومقطورة كبيرة، وستسير هذه الشاحنة إلى المرآب الخاص، ثم تُنزل عنها السيارات وتُصفّ. نحتاج الآن طريقة لتمكين الشاحنة من تمييز السيارات المناسبة، وطريقة لتمكين المرآب من تمييز الشاحنة، وطريقة لجعل السيارات تغادر الشاحنة داخل المرآب. إنَّ سيناريو كهذا يتطلب ستة عناصر مستقلة: (١) علامة تعرّف على السيارات. (٢) شاحنة تستطيع حمل السيارات. (٣) جهاز ماسح على الشاحنة. (٤) علامة تعرّف على الشاحنة. (٥) جهاز ماسح على المرآب. (٦) بوابة مرآب قابلة للتشغيل. في نظام النقل الحويصلي الخلوي، فإن هذه العناصر يقابلها (المانوز-٦-فوسفات)، وحويصل الكلاثرين، ومستقبل (M6P) في حويصل الكلاثرين، و(v-SNARE) (t-SNARE)، وبروتينات (SNAF/NSF). وفي غياب أي من هذه الوظائف، إما ألا يحدث نقل حويصلي، أو تتأثر سلامة الحجيرة الهدف.

بسبب احتياج النقل الحويصلي لعناصر إضافية أكثر من النقل المبوب، فلا يمكنه أن يتطور تدريجيًّا من النقل المبوب، على سبيل المثال: إذا كان لدينا ملصقات باركود على سيارات الدبلوماسيين، فإنَّ وضعَ السيارات داخل الشاحنة (حويصل النقل) سيخفي الملصقات، وستفشل السيارات في الدخول للمرآب. أو فلنفترض بدلًا من ذلك أنَّ الشاحنةَ تمتلك نفس الرمز الذي تمتلكه السيارات، فإنَّها ستدخل للمرآب، لكنَّنا لانزال نفقد الآلية لوضع السيارات في الشاحنة، لهذا فلن تكون هناك فائدة من الشاحنة. إذا دخلت بعض السيارات إلى الشاحنة بشكل عشوائي، فإن سيارات غير دبلوماسية ستدخل المرآب مجددا؛ وبالعودة إلى عالم الخلية، إذا تشكل حويصل هكذا ببساطة، لن تكون هناك آلية لتمييز البروتينات التي يتوجب عليها دخوله، ولا لتحديد وجهته. إنَّ وضعَ البروتينات الحاوية على عناوين مرمزة في حويصل غير مرمز سيجعل الرموز غير متوفرة؛ ولهذا فإنه سيكون ضارًّا للمتعضية التي امتلكت بسرور نظام نقل مبوب، إنَّ النقلَ المبوب والنقل الحويصلي آليتان مستقلتان (إحداهما لا تساعد في فهم الأخرى).

لم يؤخذ في الحسبان في هذا الوصف المختصر لمتطلبات النقل المبوب والنقل الحويصلي كثير من التعقيدات الخاصة بتلك النظم. وبما أن هذه التفاصيل تكسب النظام مزيدًا من التعقيد فحسب، فلا يمكنها تسهيل التعقيد غير القابل للاختزال في نظام النقل.

الوردة المستعملة

لا يمكن للنظم المعقدة بشكل غير قابل للاختزال -مثل أفخاخ الفئران، وآلات روب غولدبيرغ[^8]، ونظام النقل داخل خلوي- أن تتطور بأسلوب دارونيّ. لا تستطيع أن تبدأ بصفيحة تلتقط بضعة فئران، ثم تضيف نابض، وتلتقط بضعة فئران أخرى، ثم تضيف مطرقة، وتلتقط المزيد.. وهكذا، على النظام بأكمله أنْ يكون موجودًا بالكامل في نفس الوقت، وإلا فستهرب الفئران. وبشكل مشابه لا يمكنك أن تبدأ بتسلسل إشارة، وتنتج بروتين يسافر لمسافة قليلة باتجاه الليزوسوم، ثم تضيف بروتين مستقبل للإشارة فيسافر لمسافة أطول بقليل وهكذا؛ فإما بالكامل وإمَّا لا شيء.

ربما -مع ذلك- نكون قد تجاهلنا شيئا؛ ربما كان أحد أجزاء مصيدة الفئران مستعملًا قبل ذلك لأهداف تختلف عن صيد الفئران، وكذلك كانت بقية الأجزاء في مرحلة معينة، ثم اجتمعت فجأة تلك الأجزاء التي استعملت لأهداف أخرى لتنتج مصيدة فئران وظيفية. وربما أجزاء جهاز النقل الـ(داخل خلوي) كانت تؤدي بالأصل مهامًا أخرى في الخلية، ثم انتقلت إلى وظيفتها الحالية. هل يمكن أن يحدث ذلك؟

لا يمكن إجراء نظرة مفصلة لكل الأدوار الممكنة التي يمكن أنْ يلعبها مكوّن معيّن، لكن على كل حال يمكننا الأخذ بالاعتبار بعض الأدوار المحتملة لبعض عناصر نظام النقل؛ إن فعل ذلك يثبت أنّ من غير المحتمل بشدة أن تتكيف العناصر المستعملة لأغراض أخرى مع أدوار جديدة في نظام معقد.

لنفترض أنّنا بدأنا ببروتين، وبسبب احتوائه على منطقة شحمية فقد بقي في غشاء الخلية. ولنفترض أكثر من ذلك أنَّهُ من المفيد للبروتين أنْ يبقى هناك لأنَّهُ يقوّي غشاء الخلية، حيث يجعله مقاومًا للتمزق والثقوب. هل بإمكان ذلك البروتين بطريقة ما أنْ يتحول إلى قناة مبوبة؟ إنَّ ذلك أشبه بالسؤال عن إمكانية تحول دعامة خشبية -خطوة بخطوة داروينية، وطفرة صغيرة تليها طفرة صغيرة- إلى باب مزود بماسح! افترض أنَّ دعائمَ خشبيةً اجتمعت مع بعضها، والمنطقة المحصورة بينها قد ضعفت ثم ضعفت لدرجة سببت تمزقها، وتشكلت فجوة في

[^8]: هي آلة زائدة التعقيد الهندسي والتي تؤدي مهامًا بسيطة جدًا بأسلوب معقد جدا، وغالبا تتضمن تفاعلا تسلسليا. ..جاء الاسم من رسّام الكاريكاتير والمخترع روب جولدبيرج.

ذلك الجدار. هل ذلك يعني أي تحسن؟ إن الحفرة التي في الجدار ستسمح بدخول الحشرات والفئران والأفاعي وأشياء أخرى إلى داخل الغرفة، إنها ستدع الدفء أو البرودة تخرج من الغرفة. وبشكل مشابه؛ فإن الطفرات المسببة لتجمّعات بروتينية في الغشاء -تاركة ثقبًا صغيرا- ستسمح بتسرب المواد الغذائية والأملاح والـ(ATP) وعناصر أخرى مهمة إلى الخارج، وهذا ليس بتحسّن. إنَّ منزلًا ذا فجوةٍ في جداره لن يباع مطلقا، وإنَّ خلية ذات فتحة في جدراها تمتلك مساوئ عظيمة مقارنة مع باقي الخلايا.

افترض بدلًا من ذلك أنَّ بروتينًا ما يمكنه الارتباط مع الطرف الأول لبروتينات جديدة، وذلك عند تجميعها بواسطة الريبوسوم، وافترض أنَّ ذلك يعني تحسنًا حيث إنَّ البروتينات الجديدة -غير المنطوية- تكون أكثر ضعفا، لذلك فوضع بروتين منطوٍ عليها سيحميها حتى يكتمل تصنيعها وتحولها للشكل المنطوي؛ هل بإمكان بروتين كهذا أنْ يتطورَ إلى ما يشبه جسيم تمييز الإشارة (SRP)؟ كلّا، إن بروتينًا كهذا سيساعد في طيٍّ بروتين جديد بسرعة، لا في إبقائه غير منطو، بعكس ما تفعل الـ(SRP) الحديثة. إنَّ البروتينات المنطوية لا تستطيع دخول القنوات المبوبة إلى حيث يأخذها الـSRP الحديث، بل أكثر من ذلك، إذا سببت السليفة التطورية لـ ProtoSRP في إيقاف التصنيع الريبوسومي -كما تفعل الـSRPs الحديثة- ولم تكن الآلية التي تعيد الريبوسوم لعمله متواجدة بعد، فذلك سيقتل الخلية -تعمل بعض السموم المميتة على قتل الخلية من خلال تعطيل ريبوسومات الخلية-. لهذا فإنَّنا نواجه معضلة؛ في البداية يؤدي مثبّط غير مضبوط لتصنيع البروتين لقتل الخلية، ولكن تعليق تصنيع البروتينات بشكل مؤقت في الخلايا الحديثة هو أمر أساسي؛ فإذا لمْ يتوقفْ الريبوسوم عن التصنيع بشكل مؤقت، فإنَّ البروتين الناتج سيكون كبيرًا جدًّا لدرجة لا تسمح له بالمرور عبر قناة مبوبة، ولهذا يبدو أنَّ الـSRP الحديث لا يمكن أنْ يكون قد تطور من بروتين كانت وظيفته الارتباط بالبروتينات الجديدة وحمايتها من التدرّك.

لنفترض أنَّ إنزيمًا ما قام بربط زمرة كربوهيدرات كبيرة -مثل كرة الزينة Bauble[٩]- على البروتينات أثناء تصنيعها، ولنفترض أن ذلك ساعد في تثبيت البروتين بطريقة ما، [illegible] يجعله يدوم أطول في الخلية؛ هل بإمكان هذه الخطوة أن تصبح جزءًا من سلسلة النقل داخل

---

[٩] كرة الزينة التي تعلّق على شجرة عيد الميلاد.

الخلوي؟ كلّا، إن تلك الكرة ستمنع البروتين -لأنها تزيد من حجمه- من العبور خلال أي بوابة مستقبلية، والتي تبدو كبوابة حديثة في الـER، بل إنَّ هذه الكرةَ ستشكل في الحقيقة عائقًا لتطوير نظام نقل.

بنفس الطريقة، فإنَّ الأجزاءَ الأخرى المفردة من النظام ستسببُ في الحقيقة ضررًا للخلية وليست ذات فائدة، إنَّ الإنزيمَ القاطعَ لتسلسل الإشارة -الزخرفة- سيكون ضارًّا فيما لو كان لتسلس الإشارة دورًا إيجابيًّا في الخلية البدائية. إنَّ قطعَ كرة الزينة سيكون خطوة للوراء فيما لو كان للكرة مهمة ما؛ كذلك فإنَّ احتجاز بروتين ما -كالنفاياتاز- بداخل حويصل سيكون مؤذيًا فيما إنْ كان للنفاياتاز وظيفة في الحيز المفتوح.

ذكرت في الفصل الثاني أنَّ من غير الممكن أخذَ أجزاء متخصصة لأنظمة معقدة أخرى - مثل النابض من الساعة ذات الرقاص Grandfather Clock[10]- واستعمالها فورًا كأجزاء متخصصة في نظام آخر غير قابل للاختزال -كمصيدة الفئران- إلَّا إنْ خضعت هذه الأجزاءُ لتعديل شامل. لا يمكن للأجزاء المضاهية التي تلعب أدوارًا أخرى في أنظمة أخرى أنْ تخفف التعقيد غير القابل للاختزال في النظام الجديد. انتقل التركيز ببساطة من (صنع) المكونات إلى (تعديلها)، وفي كلتا الحالتين لن تكون هناك وظيفة جديدة إلَّا إذا قام عامل ذكي بتوجيه الإعداد. سنرى في هذا الفصل أنَّ بناءَ نظام نقل يواجه نفس المشكلة؛ حيث لا يمكن للنظام أنْ يتشكل تدريجيًّا سواء من أجزاء جديدة أو مستعملة.

الموت في سن مبكرة

في أحد إصدارات أفلام التلفاز تمَّ وضعُ ملصق خاطئ على صندوق لقاحات ومات أطفالٌ بسبب ذلك. لحسن الحظِّ كان هذا مجرّد تخيّل -قصة عن قصة-، لكن في الحياة الواقعية، الملصقات المختلطة أو المفقودة تستطيع التسبب بوفيات حقيقية.

وقفت طفلة باكية بعمر سنتين أمام مخطط قياس الطول، بمساعدة من يد شخص بالغ، ووجد أنها بطول قدمين فقط. وجهها وعيناها منتفخان، رجلاها مقوستان، تتحرك بصلابة؛ إنَّها معاقةٌ خلقيًّا بشكل كبير. أظهر الفحص الطبي تضخم في القلب والكبد والطحال، كما أشار

---

[10] شكل قديم من الساعات على شكل خزانة خشبية أعلاها ساعة ولديها رقّاص يساعد في تشغيلها.

السعالُ وسيلانُ الأنف إلى التهاب آخر من الالتهابات التنفسية العلوية التي عانتها خلال حياتها المبكرة. أخذ الطبيب عينة نسيجية من الطفلة وأرسلها إلى المختبر للتحليل؛ يقوم عامل المختبر بتنمية الخلايا من العينة النسيجية في طبق بتري[11]، ثم يفحصهم تحت المجهر، كل واحدة من الخلايا تحتوي على آلاف من الحبيبات الصغيرة والكثيفة التي لا تكون موجودة في الخلايا الطبيعية، وتدعى هذه الحبيبات بـ(المشتملات Inclusion Bodies)؛ إنّ الطفلة تعاني من مرض الخلية I[12].(2) ولأنَّ المرض تقدميٌّ فإنَّ الإعاقات الهيكلية والعصبية ستزداد مع الوقت، وستموت الطفلة قبل سن الخامسة.

ينتج مرض الخلية I عن خلل في سبيل نقل البروتين؛ حيث تفتقر خلايا المرضى إلى إحدى الآليات في السلسلة الطويلة التي تحمل البروتين من السيتوبلازما إلى الليزوسوم، وبسبب هذا الخلل، فإن الإنزيمات المخصصة لليزوسوم لا تصل أبدا، وبدلًا من ذلك يتم تحويلها إلى الحويصل الخاطئ، ومن ثم إلى غشاء الخلية، لتنتهي في الفراغ خارج خلوي. الخلية عبارة عن نظام ديناميكي، وكما أن عليها إنتاج بنى جديدة فإنَّ عليها أنْ تدرّكَ البنى القديمة باستمرار. يتم حمل المواد القديمة إلى الليزوسوم لأجل التدرّك لدى الأطفال المصابين بمرض الخلية I، وتلقى النفايات في سبيل التدرك كما ينبغي، لكن سبيل التدرك معطوب؛ فلا (النفاياتاز) ولا أيّ من الإنزيمات الهادمة الأخرى موجودة؛ وكنتيجة لذلك تتراكم النفايات، وتصبح الليزوسومات ممتلئة.

تصنّع الخلية ليزوسومات جديدة لاستيعاب النفايات المتزايدة، لكن تمتلئ هذه الحجرات الجديدة في النهاية بفتات الخلية الحية، ومع مرور الوقت تصبح كامل الخلية ممتلئة، إلى أن تتضخم الأنسجة ويموت المريض.

يمكن أنْ يموتَ الطفل بسبب هذا الخلل الحاصل في واحدة من الآليات العديدة المطلوبة لنقل البروتينات إلى الليزوسومات؛ إنَّ عيبًا واحدًا في سبيل نقل البروتين التيهيّ[13] يكون مميتا، فإذا لم يوجد النظام بكامله على الفور في مكانه، لعانى أجدانا من مصير مشابه. إن محاولات التطور المتدرج لنظام نقل البروتين إنما هي وصفة للانقراض.

---

[11] طبق دائري ذو غطاء يستخدم في المختبر لتنمية الخلايا المختلفة سواء الجراثيم أو الفطور أو حتى الخلايا البشرية.

[12] I Cell Disease (Inclusion Cell Disease).

[13] Labyrinthine ProteinTransport Pathway.

بسبب المشاكل الطبية المرتبطة بفشل نظام نقل البروتين، ولأن النظام معقد ومذهل إلى حد كبير، فإننا قد نتوقع أن يكون التحسّن التطوري للنقل الحويصلي للبروتين ساحة للبحث المكثف. كيف يمكن لنظام كهذا أن يتطور خطوة بخطوة؟ ما العقبات التي كان على الخلية أنْ تواجهها عندما انتقلت من وسيلة أخرى للتعامل مع النفايات إلى حويصلات مغلفة –يتم التوجّه نوعيّاً لها– ومجهّزة للالتحام بالليزوسوم؟ مرة أخرى؛ إذا بحثنا في الأدبيات عن تفسير لتطور النقل الحويصلي، سنصاب بخيبة أمل ساحقة، إذ لا شيء هناك.

(المراجعة السنوية للكيمياء الحيوية)[14] أو (ARB)؛ هي سلسلة كتب شائعة جدًا بين أخصائيي الكيمياء الحيوية، وتعرض حالة المعرفة الحالية في مجالات بحث معينة. نشرت الARB عام ١٩٩٢م مقالًا بخصوص (فرز البروتينات المتواسط بالحويصل)[15]، وبدأ المؤلفون المراجعة بالقول البديهي: "إن نقل البروتينات بين العضيات Organelles[16] المرتبطة بالغشاء هو عملية معقدة للغاية". ثم تابعوا بأسلوب احترافيّ وصفَ الأنظمة والأبحاث الحالية في هذا المجال. لكن يمكننا أن نقرأ من بداية الصفحات الست وأربعين لهذه المراجعة إلى نهايتها من دون أن نصادف تفسيرًا يوضح كيفية التطور التدريجي لنظام كهذا؛ إن الموضوع خارج شاشة الرادار.

إنَّ دخولَ قاعدة بيانات حاسوبية للأدبيّات المهنية الخاصة بعلوم الكيمياء الحيوية يتيحُ لك أنْ تجري بحثًا سريعًا عن الكلمات الرئيسة في عناوين مئات الآلاف من الأوراق البحثية؛ وإنَّ البحثَ عن العناوين التي تتضمن كل من (تطور) و(حويصل) يظهر خاليًا تماما! إن الخوض في الأدبيّات بالطريقة القديمة يظهر بضع أوراق متفرّقة تتنبأ عن الكيفية التي قد يكون النقلُ المبوب بين حجرات خلية حقيقية النواة قد تطور عبرها.[4] ولكن كل الأوراق تفترض أنَّ كلَّ أنظمة النقل أتتْ من أنظمةِ نقلٍ جرثوميةٍ موجودةٍ مسبقا، والتي امتلكت أساسًا كلَّ المكونات التي تمتلكها الخلايا الحديثة. إنَّ هذا لا يقدم لنا أيّة فائدة؛ فعلى الرغم من أنَّ هذه التنبؤات قد تكون ذات صلة بكيفية ظهور نسخة عن أنظمة النقل، إلَّا أنَّها ليس لها أيَّةُ علاقة في تفسير

---

[14] Annual Review Of Biochemistry (ARB).

[15] VesicleMediated Protein Sorting.

[16] أجزاء الخلية الداخلية.

منشأ نظام النقل الأولي. عند نقطة ما سيتوجب على هذا النظام المعقد أنْ يبرز إلى الوجود، وهذا النظام لا يمكن له ذلك بأسلوب الخطوة بخطوة.

ربما يكون المكان الأفضل لاكتساب نظرة عامة عن نظام النقل الحويصلي هو الكتاب (البيولوجيا الجزيئية للخلية) لرئيس الأكاديمية الوطنية للعلوم بروس أليبرتس[١٧]، والفائز بجائزة نوبل جيمس واتسون[١٨]، وعدد من المؤلّفين المساعدين الآخرين. يقضي الكتاب مائة صفحة حول التفاصيل الأنيقة لنظام النقل المبوب والحويصلي.[5] في تلك المئة صفحة يوجد قسم يمتد لصفحة ونصف بعنوان (يمكن تفسير العلاقات التوضّعية[١٩] للعضيات المرتبطة بغشاء في سياق أصولها التطورية)؛ حيث يشير المؤلّفون في هذا القسم إلى أنه إذا انفصلت حويصلة عن غشاء الخلية إلى داخلها، فإن ما داخل الحويصلة يكون مكافئًا لما خارج الخلية. ثم اقترحوا أن الغشاء النووي، والشبكة السيتوبلازمية الباطنة، وجهاز غولجي، والليزوسومات قد ظهرت أولًا عندما انفصلت أجزاء من الغشاء الخلوي. إن هذا قد يكون صحيحًا أو لا يكون كذلك، لكنه لا يشير حتى إلى أصل نقل البروتين –سواء المبوب أو الحويصلي–، لم يذكر (الكلاثرين في هذا القسم القصير، ولا المشاكل المتعلقة بتحميل الشحنة الصحيحة في الحويصل الصحيح، وتوجيهه إلى الحجرة الصحيحة. باختصار؛ إنَّ النقاشَ لا علاقة له بالأسئلة التي طرحناها، ففي نهاية بحثنا في الأدبيّات نحن لا نعرف أكثر من الذي بدأنا به.

---

[17] Bruce Alberts.

[18] James Watson.

[19] Topological.

التلخيص والتطلع

إنَّ النقلَ الحويصليَّ عمليةٌ محيرةٌ للعقل، ليست أقلَّ تعقيدًا من عملية توصيل اللقاح أتوماتيكيًّا بشكل كامل من منطقة تخزينه إلى عيادة معينة تبعد آلاف الأميال. إنَّ الشذوذات في النقل الحويصلي يمكنُ أنْ تحملَ نفس العواقب المميتة التي تحصل عند الفشل في توصيل اللقاح المطلوب إلى مدينة اجتاحها المرض. يظهر تحليلُ أنَّ النقلَ الحويصلي معقدٌ بشكل غير قابل للاختزال، ولذلك فإنَّ تطوّره يعارض وبقوة التفسيرات التدرجيّة -كما في التطور الدارويني-. يظهر البحث في الكتب الدراسية والأدبيّات المهنية في الكيمياء الحيوية أنَّ أحدًا لم يقدم طريقًا مفصلًا يشرح فيه كيف يمكن لنظام كهذا أنْ يوجد؛ حيث تكون نظرية داروين خرساء في مواجهة التعقيد الهائل للنقل الحويصلي.

سأختبر في الفصل القادم فنَّ الدفاع عن النفس، ولكن على المستوى الجزيئي بالطبع. تمامًا كما تكونُ المدافعُ الرشّاشةُ والسفنُ الحربيةُ والقنابلُ النوويةُ آلاتٍ معقدةً بالضرورة في عالمنا الكبير هذا؛ سنرى أنَّ آلياتِ الدفاع الخلوي الصغيرة هي معقدةٌ للغاية أيضا. إنَّها بعضُ الأشياء البسيطة في صندوق داروين الأسود.

الفصل السادس

عالم خطير

كل الأشكال والأحجام

إنَّ الأعداءَ في ازدياد ولن يفعل الذعر شيئًا حيال ذلك. فنحن محاطون بمخلوقات تريد النيل منا -لسبب أو لآخر- وبما أنَّ معظم الناس لا يريدون الموت فإنَّهم يتخذون إجراءات لحماية أنفسهم.

يمكن للتهديدات العدوانية أنْ تأتي في جميع الأشكال والقياسات، ولذلك فإنَّ الدفاعات يجب أنْ تكون متنوعة. يعتْبر التهديد الأوسع نطاقًا الحرب بين الدول. يحاول حكّام الدول دوما السيطرة على مصادر الدول المجاورة، وبالتالي يجب على الدول المهدَدة أن تحمي نفسها أو أنْ تعاني نتائج غير مرضية. في العصر الحديث، تمتلك البلدان وسائل دفاع متطورة جدا. تخزّن الولايات المتحدة قنابل ذرية، وإذا قام بلد آخر بهز سيطرتهم التي يُضرَب بها المثل فإنَّ قنابلنا ستنهال عليهم. وإذا زادت حدة التهديدات فوصلت إلى العنف ولم نكنْ نطمحُ أنْ نستخدمَ القنابلَ الذرية لسبب أوْ لآخر فلدينا آلاتٍ أخرى بإمكاننا استخدامها: الطائراتُ التي تسقط قنابل ذكيَّةً وطائرات (أواكس AWACS) التي تراقب الفضاء الجوي لعدة أميال والدبابات المجهزة للقتال الليلي وصواريخ أرض -جوٍّ التي تُسقط صواريخ أرض-أرض، وغيرها الكثير. وبالنسبة إلى مروِّجي الحرب التقنية فإننا نعيش في العصر الذهبي.

إنَّ التهديدات الكبيرة كالحروب خطيرة، لكن تستطيع أنواع أخرى من العدوان أنْ تقتلَ أيضا، ولسوء الحظ فقد أصبحتْ الهجماتُ الإرهابية بإلقاء القنابل من طائرات أو الهجوم بالغازات على مترو الأنفاق متكررة جدا، والأسوأ من ذلك أنَّهُ لا يمكن لأيِّ من الأسلحة المذكورة أعلاه أن تساعد كثيرا في منع الهجوم بالغاز في مترو أنفاق.

عندما تتغير طبيعة العدو -من دولة غريبة إلى مجموعات إرهابية محلية- فإنَّ طبيعة المقاومة يجب أن تتغير أيضا. حيث قام المسئولون في الحكومة بتثبيت أجهزة كشف المعادن في المطارات ووضع حراس مسلحين في مواقع استراتيجية عوضا عن القنابل. يهددنا الإرهابُ والحرب ولكن ذلك نادرًا يحدث. ففي كل يوم تتزايدُ أعدادُ الناس الذين يتعرضون للاعتداء من قبل النشالين بسبب الفوضى في منطقتهم أكثر من الاعتداء من قبل مجموعات خارجية أو دول أجنبية. يضعُ الساكن في مدينة (ستريت وايس) قضبانًا على نافذة منزله ويستخدم نظام اتصالًا داخليًّا أو ثُقبَ الباب ليرى من بالباب، ويحمل معه رذاذ الفلفل عندما يتمشى خارجا، في تلك

المناطق التي لا تعرف هذه التسهيلات الحديثة يمكن أنْ يقوموا ببناء أسوارٍ حجرية أو خشبية حول الكوخ لمنع دخول المتسللين –سواء من البشر أو الحيوانات– ويتم الاحتفاظ برُمْحٍ جانب السرير في حال تمَّ اختراقُ الجدار.

يستخدم للتصدي للهجمات كل من (عصا، وحجر، وحاجز، ومسدس، جهاز إنذار، ودبابة، وقنبلة ذرية). ونظرا للاختلاف الكبير في الظروف التي يكون فيها كل سلاح مفيد، فإنّ هناك الكثير من التداخل. ربما تردع العصا والمسدس السارق، ويمكن للمسدس والدبابة أن يهددان مجموعة إرهابية، وربما يستخدم كلًّا من الدبابة والقنبلة الذرية ضد دولة أجنبية. إذا نظرنا بهذه الطريق يمكننا التحدث عن تطوُّرِ الأنظمة الدفاعية. نستطيع الحديث عن سباق التسلح الذي يزداد فيه تطور معدات الطرفين المتنافسين. و قد نحكي القصص عن صراع الحياة حين ينجو الأفضل دفاعا على صعيد الأشخاص والبلدان. لكن قبل أن نقفز داخل الصندوق و نحلق مع كالفين وهوبز نحن بحاجة إلى أن نتذكر الفرق بين الطلائع المفاهيمية والطلائع الفيزيائية، يستخدم كل من الحجر والبندقية للدفاع، لكن لا يمكن للحجر أن يتحول إلى بندقية عبر سلسة من خطواتٍ صغيرة، إنّ رذاذ الفلفل ليس طليعة فيزيائية للقنبلة اليدوية. لا يمكن أن تتحول الطائرة النفاثة إلى قنبلة ذرية ذات عزقات وبراغي مرة واحدة، مع أنّ الطائرة والقنبلة كليهما تحتويان عزقات وبراغي. في التطور الدارويني، يؤخذ في الاعتبار الطلائع الفيزيائية فقط.

لا يعدّ البشر والحيوانات الكبيرة المهددات الوحيدة التي تواجه الإنسان. يوجد أيضًا معتدين في غاية الصغر(Lilliputian) يهددون من لم تنفعْ معهم القنابل والبندقيات والصخور. تتمنى الجراثيم والفيروسات والفطور التهامنا إذا استطاعت. في بعض الأحيان تتمكن هذه الكائنات من إصابتنا إلا أنهم لا يستطيعون ذلك في معظم الأحيان لأنَّ أجسامَنا تملك مجموعة أنظمة دفاعية للتعامل مع الهجمات المجهرية. يشكل الجلد خط الدفاع الأول، مثل سور مزرعة، حيث يعمل الجلد بطريقة تقنية بسيطة جدا: إنَّهُ حاجز صعب الاختراق.وكثيرا ما يعاني ضحايا الحروق من إنتانات شديدة بسبب فقدانهم حاجز الجلد وعجز الدفاعات الداخلية عن التعامل مع الأعداد الهائلة من الغزاة. ومع أنّ الجلد هو جزء هام من مقاومة الجسم إلا أنَّه ليس طليعة فيزيائية لجهاز المناعة.

وفي بعض الأحيان توضع أشواك على جدار السور لإعاقة أيِّ دخيل تعوّد تسلق القمم. في (برونكس Bronx) –حيث أعيش– كلُّ الأسوار تقريبًا يعلوها أسلاكٌ شائكةٌ والتي تبدو أكثر فعالية في مواجهة الدخلاء من الطراز القديم للسلك الشائك القديم. لاتعدّ أسلاك المسامير والأسلاك الشائكة جزء من السور الأساسي، إنما هي إضافات بسيطة لزيادة فعالية الحاجز، ومع ذلك - أيضاً مثل السور نفسه - لا يعدّ السلك الشائك طليعة فيزيائية للمسدس أو للألغام الأرضية.

مثل ما سبق فإنّ الجلد أيضًا يملك إضافات لزيادة فعاليته كحاجز. في مخبر الكيمياء الحيوية عليك دوماً أن ترتدي القفازات لحماية نفسك من المواد التي تحملها، ولكن أحياناً ترتدي القفازات لحماية المادة منك. يرتدي الأشخاص الذين يعملون بالـ(RNA) قفازات لأنّ جلد الإنسان يفرز أنزيم يقطَع الـ(RNA). لماذا؟ اتضح أنّ عديد من الفيروسات مصنوعة من الـ(RNA). ويعتبر هذا الأنزيم كالسلك الشائك على الجلد بالنسبة لهذه الفيروسات :أيّ يتمّ تمزيق جزيئة (RNA) التي تحاول اختراق الحاجز.

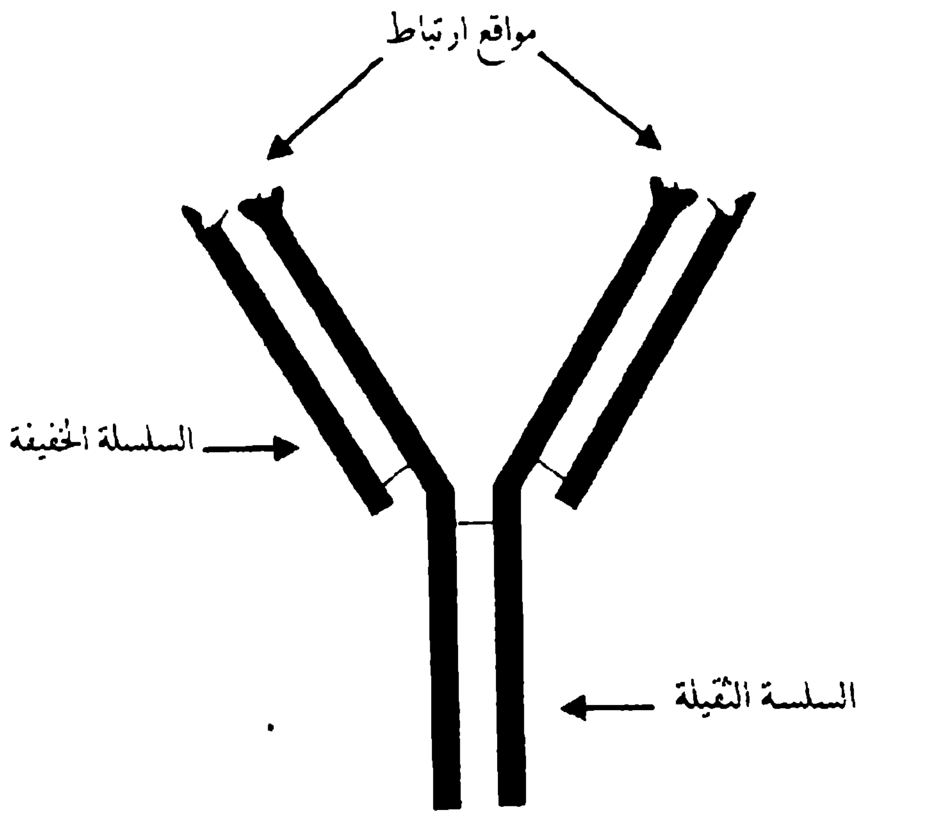
توجد أنواع أخرى من الأشواك على الجلد. نذكر منها أكثرها إثارة للاهتمام وهي فئة من الجزيئات تسمى Magainins تم اكتشافها من قِبل عالم الأحياء (مايك زاسلوف Mike Zasloff) بعد أنْ تساءلَ لماذا نادرًا ما تحدث إنتانات لضفادع المخبر الحية التي يتمُّ إجراءُ جرح فيها ثم يعاد خياطتها في شروط غير عقيمة. حيث أثبت أنَّ جلدها يقوم بإفراز مادة بإمكانها قتل الخلايا الجرثومية، ومنذ ذلك الحين تم اكتشاف الـMagainins عند أنواع مختلفة من الحيوانات. ولكن الـ(Magainins) كالإنزيمات المخربة للـ(RNA) لا يعدّ طليعة لأنظمة الدفاع المتطورة تحت جلد الحيوانات.

لنتعرف على الأسلحة الثقيلة علينا أنْ نلقي نظرة خاطفة تحت جلدنا. إنّ نظام الدفاع الداخلي في الفقاريات معقد إلى حد مذهل. وكما في جيش الولايات المتحدة الحديث، حيث يملك مجموعة متنوعة من الأسلحة المختلفة التي يمكن أنْ تتداخل في استخداماتها. وكما ناقشنا الأسلحة سابقًا علينا ألّا نفترض بشكل تلقائي أنَّ الأجزاء المختلفة لجهاز المناعة طلائع فيزيائية لبعضها البعض. ومع أنَّ دفاعات الجسم ما تزال منطقة حيوية للبحث، إلا أنّنا نعرف الكثير و بالتفصيل عن جوانب دقيقة فيه. سأناقش في هذا الفصل أجزاء مختارة من الجهاز المناعي وأشير إلى المشاكل التي تعرض لنموذج التطور التدريجي. وأشجع أولئك الذين أصبحوا مفتونين بذكاء الأجهزة ويحبون معرفة المزيد باختيار أي نص في علم المناعة لمزيد من التفاصيل.[1]

الطاقم المتناغم

عندما يخترق أحد الغزاة المجهريين الدفاعات الخارجية للجسم ينطلق عمل الجهاز المناعي تلقائياً. تعدّ الأنظمة الجزيئية للجسم روبوتات مصممة لتعمل على الطيار الآلي فتشبه بهذا نظام حرب النجوم المضاد للصواريخ الذي خطط له الجيش الأمريكي مرة. ولأنّ الدفاع يتم بشكل آلي فإنَّ كلَّ خطوة يجب أنْ تُعزى إلى إحدى الآليات. تلخص المشكلة الأولى التي يعاني منها نظام الدفاع الآلي في كيفية تمييز الغزاة. يجب تمييز الخلايا الجرثومية عن خلايا الدم، ويجب تمييز الفيروسات عن النسيج الضام. لكن كيف سيحصل ذلك إذا كان الجهاز المناعي لا يرى لذا فإنّ عليه أن يعتمد بداية على شيء يشبه حاسة اللمس.

إنَّ الأضدادَ بمثابة أصابع للجهاز المناعي الأعمى –حيث تسمح له بتمييز الأجسام الغريبة عن الجسم–، تتشكل الأضداد عن طريق تجمع أربع سلاسل من الحموض الأمينية (الشكل ٦–١): سلسلتان خفيفتان متماثلتان وسلسلتان ثقيلتان متماثلتان. تكون السلسلتان الثقيلتان أكبر بمرتين تقريبا من السلسلتين الخفيفتين.في الخلية تتشكل السلاسل الأربعة معقدًا بشكل حرف (Y). وبما أنَّ السلسلتين الخفيفتين متماثلتان والسلسلتين الثقيلتين متماثلتان فإنّ المعقد(Y) يكون متناظرا: فإذا أخذت سكينة وقسمته من المنتصف فإنك تحصل على نصفين متماثلين في كل منهما سلسلة خفيفة وسلسلة ثقيلة. ويوجد انخفاض في نهاية كل قمة ناتئة من الـY يسمى موقع الارتباط. ويبطن مواقع الارتباط أجزاء من السلسلتين الخفيفة والثقيلة كليهما. وتأتي مواقع الارتباط في مجموعة متنوعة جدًّا من الأشكال. يملك أحد الأضداد موقع ارتباط ذا بروز صغير هنا، وحفرة هناك، و رقعة زيتية على الحافة. وربما يملك ضد آخر شحنة موجبة على اليسار وفجوة في المنتصف ونتوء على اليمين.



الشكل: (٦-١) رسم تخطيطي لجزيئة ضد

عندما يكون شكل موقع الارتباط مكمّل تمامًا لشكل الجزيئة على سطح الفيروس أو الجرثوم المعتدي فإنَّ الضد سيرتبط بهذا الجزيء -لتقريب هذا- تخيل أنَّ قطعة من المنزل لها انخفاض وبعض النتوءات البارزة في هذا الانخفاض، وابنتي الصغيرة لديها عربة لعبة بمقعدين أمامي وخلفي -شيء كهذا سيعمل بشكل جيد-، والآن خذْ هذه العربة/ الشيء، وقم بجولة في المنزل وانظر كمْ من الأشياء حولك ستنطبق بإحكام على الانخفاض لتملأ المقعدين الأمامي والخلفي كليهما دون أنْ تترك أيّة فراغات. إذا وجدتَ واحدة فأنت محظوظ أكثر مني حيث لم ينطبق في منزلي أي شيء على العربة بإحكام، ولا شيء حتى في مكتبي أو مختبري. تخيّلتُ أنَّ هناك شيء في العالم الخارجي له شكل مكمّل للعربة لكنني لم أجده بعد. يعاني

الجسم المشكلة نفسها: احتمالات ارتباط أيّ ضد بأيّ معتدي ضئيلة جدا، حيث قمنا بصنع بلايين إلى تريليونات من الأضداد لنضمن أنَّ نوع واحد على الأقل سيلائم مهاجماً ما. عادة ما يحتاج (١٠٠٠٠٠) ضد لنجد ضدًّا واحدا يعمل على معتدٍ محدد.

عندما تغزو الجراثيم الجسم فإنها تتكاثر. مع مرور الوقت يرتبط الضد بالجرثوم ويصبح لدينا الكثير الكثير من نسخ الجراثيم التي تطوف في الجسم. يتصدى الجسم لحصان طروادة الذي يتكاثر بـ(١٠٠٠٠٠) سلاحًا إلا أنّ واحد منها فقط يعرقل طريقه. لن يفعل سلاح واحد الكثير أمام هذه الحشود لذلك لابدّ بطريقة ما استقدام تعزيزات. في الحقيقة توجد طريقة لذلك، لكني عليّ أولاً أن أعود لأشرح قليلاً من أين تأتي الأضداد.

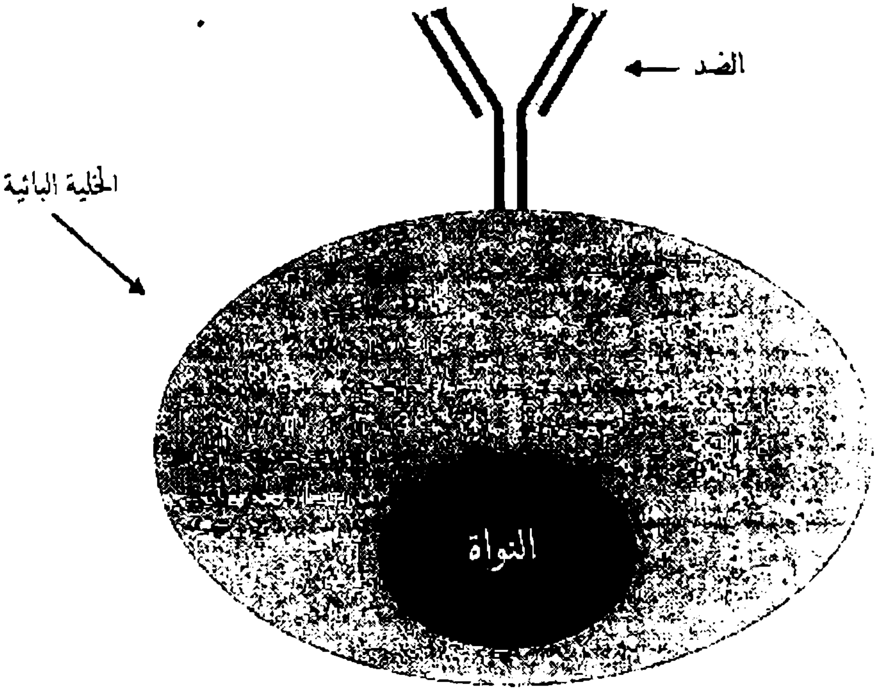
هناك مئات الملايين من الأنواع المختلفة للأضداد ,وتمّ صنع كل نوع من هذه الأضداد في خلية منفصلة . يطلق على الخلايا التي تقوم بصنع الأضداد بالخلايا البائية (B cells) التي من السهل تذكرها لأنها تُنتَج من نقي العظام (bone marrow). [٢]

عندما تولد الخلايا البائية لأول مرة تقوم آليات داخلية بشكل عشوائي باختيار أحد جينات الضد الكثيرة المشفرة للـ(DNA) الخاص بها. عندما يتم تشغيل تلك الجين يتم إيقاف بقية الجينات. وبذلك تُنتج الخلية نوعاً واحداً فقط من الأضداد ذات نوع واحد من مواقع الارتباط. ستملك الخلية التالية التي أُنتجت طيلة حياتها مورثة ضد مختلفة وعند تشغيلها ستنتج بروتينًا مختلفًا بموقع ارتباط مختلف. فالمبدأ هو خلية واحدة، ونوع واحد من الأضداد.

حين تقوم الخلية بصنع الضد ربما تعتقد أنَّ هذا الضد سوف يغادر الخلية ليتجول في الجسم. ولكن إذا تم تفريغ كامل محتوى الخلايا البائية في الجسم فسيكون معرفة الخلية التي قامت بصنع الضد أمرًا مستحيلا. تعتبر الخلية مصنعا يقوم بإنتاج نمط محدد من الأضداد، فإذا وجد الضد جرثومًا معينًا فإننا بحاجة لإخبار الخلية المصنّعة كي ترسل لنا تعزيزات. ولكننا لن نستطيع إيصال الرسالة بهذا الشكل الافتراضي.

لحسن الحظ، إنّ الجسم أذكى من ذلك فعندما تصنع الخلايا البائية أضدادها أولاً، فإن الضد يتثبت على غشاء الخلية باستطالات (Y) الخارجة (الشكل ٦-٢). تقوم الخلية بهذه الخدعة عن طريق استخدام مورثة الضد الطبيعي ومعها أيضا قطعة صغيرة من المورثة التي ترمِّز النهاية الشحمية

على البروتين. وبما أن غشاء الخلية شحمي أيضا فإنّ القطعة تلتصق بالغشاء. إنها خطوة مهمة لأن موقع ارتباط الضد أصبح متصلا بمصنعه الآن. يتجول مصنع الخلايا البائية بالكامل في الجسم وحين يدخل جسم غريب يرتبط به الضد مع الخلية المتصل بها.



الشكل (٦-٢):رسم تخطيطي للخلية البائية.

والآن نملك مصنعًا في متناول اليد للتصدي للأجسام الغريبة. إذا تم إرسال إشارة إلى الخلية لتصنيع مزيد من الأضداد، فإنَّهُ سيتم دعم الحرب بالتعزيزات. و لحسن الحظ توجد طريقة لإرسال الإشارة ولكنها متداخلة جدا للأسف. عندما يرتبط الضد على سطح الخلية البائية بجزيء غريب يقوم بتحفيز آلية معقدة لابتلاع الجسم الغريب: في الواقع تأخذه مصانع الذخيرة رهينة. ثم يقسم الضد قطعة من الغشاء ليصنع حويصلة صغيرة -سيارة أجرة ذاتية الصنع-. يتم إدخال الرهينة إلى مصنع الخلايا البائية بسيارة الأجرة هذه حيث يُقطع البروتين الغريب داخل الخلية - وهو داخل الحويصلة- وتلتصق قطعة من هذا البروتين الغريب على بروتين آخر -يدعى بروتين (MHC)- وبعد ذلك تعود سيارة الأجرة إلى غشاء الخلية. وتأتي من خارج المصنع خلية أخرى

تدعى الخلية (التائية المساعدة، ترتبط الخلية التائية المساعدة بالخلية البائية التي تعرض القطعة المأخوذة من البروتين الغريب -الجزء الغريب من بروتين MHC- لتأخذه الخلية التائية بعين الاعتبار. إذا كان التوافق صحيحاً يجعل الخلايا التائية تفرز مادة تدعى (انتر لوكين interleukin) الذي يعدّ بمثابة رسالة من قسم الدفاع إلى مصنع الذخائر. تقوم الانتر لوكينات بتفعيل سلسلة من الأحداث التي ترسل رسالة إلى النواة في الخلية البائية عبر الارتباط ببروتين آخر على سطح الخلية البائية وتنمو الرسالة.

تبدأ الخلية البائية بالانقسام بسرعة كبيرة. وتستمر الخلية التائية بإفراز الانتر لوكينات طالما أنّهم مرتبطون بالخلية البائية.

وأخيرا تنتج الخلية البائية النامية سلسلة من مصانع أخرى على شكل خلايا متخصصة تدعى (الخلايا البلازمية)، وبدلًا من أنْ يتمَّ إنتاجُ شكل الأضداد التي تلتصق على الغشاء، تترك الخلايا البلازمية القطعة الشحمية الأخيرة من البروتين وتنبثق الآن كميات كبيرة من الأضداد الحرة إلى السائل خارج الخلوي -ويعدّ هذا الانقلاب أمرًا مهما- فلو كانت مصانع الخلايا البلازمية الجديدة كمصنع الخلية البائية القديم لاقتصرت الأضداد على أرباع وكانت أقل فعالية في منع الغزاة.

خطوة تلو خطوة

هل يمكن لهذا الجهاز أنْ يتطور تدريجيًّا خطوةً تلو خطوة؟ فكّر بهذا التجمع الكبير لبلايين إلى تريليونات الخلايا البائية المصنعة. تدعى عملية انتقاء الخلية الصحيحة من بين خليط من الخلايا المنتجة للأضداد الانتقاء النسيلي. إنَّ الانتقاء النسيلي عملية جيدة لشن استجابة نوعية بأعداد كبيرة لتواجه الكم الهائل من الأجسام الغازية الغريبة الممكنة. تعتمد هذه العملية على عدد كبير من الخطوات، بعضها لم أقُم بمناقشته بعد. لندع هذا جانبا لفترة ونتساءل ما هي أبسط متطلبات جهاز الانتقاء النسيلي وهل يمكن أن يتم إنتاج هذه المتطلبات خطوة تلو خطوة.

يكمن مفتاح هذا الجهاز في الاتصال الفيزيائي بين قدرة البروتين على الارتباط والمعلومات الوراثية للبروتين. بشكل نظري، يمكن لهذا أن يحدث عبر صناعة ضد بحيث يكون ذيل الـ Y مرتبط بالـ(DNA) المرمز للبروتين، لكن في الحياة الحقيقة لن يعمل هذا التركيب. يمكن للبروتين أنْ يتصل بمعلوماته الوراثية، لكن الخلية محاطة بغشاء، لذلك لن يكونَ الضد على اتصال مباشر

بالمادة الغريبة المنتشرة خارج الخلية. سيقوم الجهاز الذي سينقل كلًّا من الضد والمورثة المرتبطة به من الخلية بالتغلب على المشكلة ولكن ليواجه مشكلة أخرى: وهي أنَّهُ لا يوجد آلة خلوية لترجمة رسالة الـ(DNA) إلى بروتين خارج الخلية.

إنَّ تثبيت الضد على الغشاء حل جيد لهذه المشكلة، حيث يستطيع الضد وقتها خلطه مع الخلية الغريبة مع بقائه قريباً من الـ(DNA) الخاص به، لكن بالرغم من أن بإمكان الضد ربط المادة الغريبة بدون أن ينتشر خارج الخلية، لا يملك اتصالًا فيزيائيًا مباشرًا

مع الدنا DNA. بما أن البروتين والـ DNA لا يريان فيجب أنْ يكون هناك طريقة لإيصال الرسالة بينهما.

فقط في الوقت الحالي ولمصلحة النقاش لننسَ أمر الطريق المتعرج الذي تسلكه فعلًا رسالة الارتباط إلى نواة الخلية البائية والذي يتضمن (حويصل النقل والابتلاع و(MHC) والخلايا التائية المساعدة والانتر لوكين) وغيرها.

ولنتخيل جهازًا أبسط عوضاً عن ذلك حيث يوجد بروتينًا آخر واحدًا فقط. لنقل: إنَّهُ عندما يرتبط الضد بجزيء غريب يحدث شيئ يجذب بعض البروتينات الأخرى-مرسال– تأخذ بكلام الرهينة إلى نواة المصنع، ربما عندما يتم إيجاد الرهينة أولا يتغير شكل الضد وربما يحدث القليل من الانسحاب في ذيل الضد، وقد يلتصق ذيل الضد داخل الخلية مما يؤدي إلى إطلاق البروتين المرسال. يمكن لهذا التغيير في الذيل أن يسمح للبروتين المرسال بالدخول إلى النواة والارتباط بموقع محدد على الـ(DNA). يسبب الارتباط في المكان الصحيح على الـ(DNA) نمو الخلية وبدء إنتاج الأضداد دون الذيل الشحمي -الضد الذي يُرسل خارج الخلية ليقاتل الغزو–.

حتى بهذا الشكل المبسط يبقى لدينا ثلاث مكونات مهمة: (1) الضد ذو الشكل المرتبط بالغشاء و (2) المرسال و (3) الشكل المُصدَر من الأضداد. إذا فُقد أي من هذه المكونات يفشل الجهاز في أداء وظيفته. إذا لم يوجد أضداد في الغشاء عندها لن توجد طريقة لربط الضد الناجح الذي يربط الجسم الغريب إلى الخلية المحتوية المعلومات الوراثية. ولو لم يكن هناك شكل مُصَدر من الأضداد فإنه عند استقبال الإشارة لن يرسل شيء إلى القتال. لو لم يكن هناك بروتين مرسال فلن يكون هناك صلة وصل بين ارتباط ضد الغشاء وتشغيل المورثة الصحيحة – يمكن تشبيه فائدته بجرس الباب الذي قُطعَت أسلاكه–.

ربما تقع الخلية في مأزق عندما تحاول أنْ تُطور مثل هذا النظام بخطوات داروينية تدريجية. ماذا عليها أن تفعل أولا؟ إنَّ إفرازَ عددٍ كبيرٍ من الأضداد إلى الوسط الخارجي الكبير يعدّ هدرًا للمصادر إذا لم يكن هناك طريقة تخبرها ما إذا كانت تعمل بشكل صحيح أو لا. الشيء نفسه بالنسبة لصناعة الضد المرتبط بالغشاء. ولماذا يصنع بروتين مرسال أولا إذا لم يكن هناك أحد يعطيها الرسالة، ولو كان لدينا رسالة فليس هناك من يستقبلها؟ توصلنا بلا شك إلى نتيجة تقول: إنَّهُ حتى هذا الانتخاب النسيلي المبسط جدًّا لا يمكن أن يحدث بخطوات تدريجية.

لاحظنا أنه حتى في أبسط الحالات يجب أنْ يتم تطوّر المكونات الثلاثة كلها معا. كل واحد من هذه المكونات الثلاثة –الضد المثبَّت والبروتين المرسال والأضداد الحرة– يجب أن يتم إنتاجه عبر أحداث تاريخية منفصلة، ربما عبر سلسلة متناسقة من الطفرات التي تغيّر بروتينات موجودة مسبقًا كانت تقوم بأعمال أخرى إلى مكونات نظام الأضداد. أصبحت خطوات داروين الصغيرة سلسلة من قفزات كبيرة مستبعدة. وقد أهمل تحليلنا حتى الآن الكثير من التعقيدات: كيف تنتقل الخلية من وضع القطعة الشحمية الزائدة على غشاء الخلية إلى عدم وضعها؟ ثم إنَّ نظام التراسل معقد بشكل مذهل أكثر بكثير من نسختنا المبسطة هذه. إذن ما يحدث هو التالي بشكل مبسط: ابتلاع البروتين، وتقطيعه، وعرضه للخارج على بروتين الـ(MHC)، والتمييز النوعي لمعقد (MHC) قطعة بواسطة الخلية التائية المساعدة وإفراز الانتر لوكينات وارتباط الانتر لوكين بالخلية البائية وإرسال إشارة توحي بأنَّ الانتر لوكين قد ارتبط بالنواة، أمام هذا كله يكفي وضع احتمال طريقة خطوة تلو خطوة لنشوء جهاز المناعة لجعل رجلًا قويًّا شاحبا.

المزج والوصل

تتجول المصانع بأعداد هائلة، مستعدة لتقديم أضداد تستطيع الالتصاق بالمعتدي أيًّا كان شكله –بشكل افتراضي–، لكن كيف يستطيع الجسم صناعة البلايين من الأضداد مختلفة الأشكال؟ يبدو وكأن هناك لعبة ذكية لصناعة أعداد كبيرة من الأضداد المختلفة دون الحاجة لكميات ضخمة من المادة الوراثية لترمز البروتينات. سوف أشرح بعض تفاصيل الجهاز في الصفحات القليلة القادمة. ومجدداً لا تقلق إذا ذهبت التفاصيل عن ذهلك بسرعة، فهدفي في النهاية فقط مساعدتك لتقدر تعقيد الجهاز المناعي.

تطلب الأمر اكتشافاً رائعاً قاد العلماء إلى حل لغز جهاز المناعة بكامل تعقيداته. بدأ الاكتشاف بتجربة يحتمل أن تكون قاسية لكنها مهمة. فقط لرؤية ماذا يمكن أن يحدث، قام كيميائيون بصناعة بعض الجزيئات الصغيرة التي لا تظهر في الطبيعة ثم حمّلوها على بروتين. وعندما تمّ حَقْنُ أرْنَبًا بالبروتين المحمّل بالجزيئات الصنعي تفاجأ العلماء عندما وجدوا أنَّ الأرنب قام بصناعة أضداد ارتبطت بشكل محكم بالجزيئات الصنعية. كيف حدث ذلك؟ لم تقابل الأرانب ولا أسلافها الجزيئات الصنعية من قبل مطلقاً، إذاً كيف عرفت تصنيع الأضداد المناسبة لها؟ لماذا توجّب الاعتراف بأنّها لم تقابل تلك الجزيئات من قبل؟

اخلط وطابق

تطفو المصانعُ بأعدادٍ ضخمة داخل الخلايا بحيث تكون جاهزة لتحرير الأجسام المضادة التي يمكنها افتراضيًّا أن تلتصق بأيِّ شكل من الأجسام الغازية، ولكن كيف يمكن للجسم أن يُصّنع بلايين الأجسام المضادة مختلفة الأشكال؟ لقد تبين أن هناك حيلة مذهلة لصنع عدد كبيرٍ جدا من الأجسام المضادة دون الحاجة لعدد كبير من المادة الوراثية لتشفير هذه البروتينات، وسأشرح هذا النظام بشكل تفصيلي في الصفحات التالية، ولا تقلق من كثرة التفاصيل التي سأذكرها بشكل سريع فهدفي هنا فقط أن أساعدك على تقدير درجة تعقيد نظام المناعة.

تطلب الأمر اكتشافًا مذهلًا لكي ليبدأ الباحثون في حلِّ معضلة تعقيد جهاز المناعة بشكل كامل، بدأ هذا الاكتشاف بتجربة قد تكون قاسية ولكنها كانت ضرورية، حيث قام الكيميائيون بتصنيع مركبات لا توجد في الطبيعة بشكل اعتياديٍّ ومن ثَمَّ قاموا بوصلها مع بروتين لمشاهدة ماذا سيحدث، وبعد حقن البروتين المرتبط مع الجزيئات الاصطناعية في أرنب كانت النتيجة مدهشة إذ قام الأرنب بتصنيع أجسام مضادة ارتبطت بشكل محكم مع المركبات الاصطناعية، و لكن كيف يمكن لهذه النتيجة أن تحدث؟ علمًا بأنَّ كل من الأرنب وأسلافه لم يتعرضوا لهذا المركب الذي تم تصنيعه من قبل، كيف تمكن الأرنب من معرفة صناعة أجسام مضادة لهذا المركب؟ ولماذا يجب عليه التعرف على مركب لم يتعرض له من قبل إطلاقا.

خَدَعَتْ معضلةُ التنوع في الأجسام المضادة الباحثين في مجال علم المناعة فطفت على السطح عدة أفكارٍ كتفسير لهذه الظاهرة، فمن المعروف أن البروتينات تتمتع بالمرونة وأن هذه

الأجسام المضادة ليست إلا بروتينات فربما عند حقن مركب جديد في الجسم تقوم الأجسام المضادة بإحاطته بحيث تأخذ قالبه ثم بطريقة ما تتجمد لتحافظ على هذا التشكيل، أو قد يفسر ذلك استنادا للأهمية الحيوية للدفاع، فالمادة الوراثية في المتعضيات الحية تحتوي على عدد ضخم من الجينات المشفرة لكثير من أشكال الأجسام المضادة مما يسمح لها بأنْ تميز حتى الأشياء التي لم تتعرض لها مسبقا، ولكن هذا العدد الضخم من الأجسام المضادة قد يحتاج إلى مادة وراثية أكبر مما يتوفر في الجينوم، فقد يفسر ذلك بوجود عدد قليل من الأجسام المضادة المشفرة وعندما تنقسم الخلية قد يوجد طريقة ما لصنع الكثير من الطفرات في المناطق المشفرة لمواقع الارتباط في الأجسام المضادة، و بهذه الطريقة يمكن لكل خلية مناعية من نوع (B) أن تحمل عدة طفرات تشفر لجسم مضاد مختلف عن الموجود في باقي الخلايا (B) الأخرى. أو أن الجواب هو تركيبة مما سبق، ويبقى من المحتمل أن يكون شيئا مختلفًا تماما.

وقد انتظرتْ الإجابةُ عن معضلة تنوع الأجسام المضادة اكتشافًا مذهلا، فالجينات المشفرة للبروتينات لا يجب أن تكون دائماً قطع مستمرة من الـ(DNA) فمن الممكن أن تكون متقطعة، ولتقريب الصورة أكثر يمكن تمثيل الجين بجملة تشفر لبروتين ما بعبارة (يقفز الثعلب البنيُّ السريعُ فوق الكلب الكسول) مثلا، ولكنها تكون على الشكل التالي :(يقفز الثعلب ح خ ح ت البني و ب ي ح غ ق السريع س ي ب ق غ فوق الكلب هـ ب ف م غ ث ص الكسول)، فالرسالة الجينية المعبرة عن تتالي الـ(DNA) ذو المعنى كانت مجزأة بتتاليات من الأحرف التي لا تحمل أي معنى وكانت بطريقة ما غير مكتنفة ضمن البروتين.

بينت دراسات لاحقة أن معظم الجينات تخضع لعمليات تصحيح على مستوى جزيء الـ(RNA) المنتسخ من تسلسل الـ(DNA) لإزالة التتالي الذي لا يدخل ضمن تشفير البروتين، وبالنتيجة فحتى تسلسل الـ(DNA) المتقطع يمكن من خلاله صناعة البروتين الصحيح بواسطة المصانع الخلوية و تسلسل الـ(RNA) المعدل.

ومن المدهش أنْ نعلمَ أنَّهُ حتى جينات الأجسام المضادة تخضع لعمليات التظفير على مستوى تسلسل الـ(DNA) أيْ أنَّ تسلسل الـ(DNA) الموروث يمكن أن يعدل.

تلعب عمليات التظفير وإعادة الترتيب التي يخضع لها الـ(DNA) دوراً كبيراً في شرح العدد الهائل من الأجسام المضادة التي يستطيع الجسم إنتاجها، وسأذكر بشكل مختصر في ما يلي حجم العمل الضخم وعدد الباحثين الكبير على مدى سنوات الذي احتاجه حل هذا اللغز الذي يشرح التنوع في الأجسام المضادة، ولتقريب ذلك يمكن أن نتصور عدد من القطع الجينية في الخلية الملقحة التي تشترك في إنتاج الأجسام المضادة حيث تصطف الجينات ضمن عناقيد، و للتسهيل سنرمز لكل عنقود برقم فتكون كالتالي العنقود (١) والعنقود (٢) والعنقود (٣) إلخ. عند البشر يوجد ٢٥٠ قطعة جينية تقريبًا في العنقود (١)، وعلى طول الـ(DNA) بعيدا عن العنقود (١) يوجد عشر قطع جينية تُشكل العنقود (٢)، وبالسير أكثر على امتداد الـ(DNA) يوجد مجموعة من ست قطع جينية هي العنقود (٣) وبعدها قليلاً يوجد ثمان قطع جينية تشكل العقود (٤)، وتعتبر هذه العناقيد اللاعب الأساسي في العملية.

بعد نمو المولود قليلاً يبدأ بضبط عقله على وضع الولادة ويحتاج للقيام بإنتاج الخلايا المناعية (B)، يحدث في هذه المرحلة شيء مضحك أثناء إنتاج الخلايا (B) حيث يتم إعادة ترتيب تسلسل الـ(DNA) ضمن الجينوم وإزالة قسم منه، كما أنَّ قطعة من العنقود (١) يتم اختيارها بشكل عشوائي كما يظهر لنا لتتصل بقطعة من العنقود (٢)، كما يتم تقطيع الـ(DNA) والتخلص منه وانتقاء قطعة من العنقود (٣) بشكل عشوائي أيضاً لتتصل بالقطع (١ و ٢).

إنَّ عملية إعادة جمع القطع غامضة قليلا وليست من العمليات المتوقعة عادة في الخلية، يمكن أن يضاف أو يحذف تشفير لبعض الحموض الأمينية -التي تعد حجر بناء البروتينات- بسبب هذا الإجراء الغامض وعند جمع العناقيد (١ و ٢ و ٣) معًا تنتهي عملية إعادة ترتيب تسلسل الـ(DNA)، وتقوم الخلية بإنتاج نسخ من الـ(RNA) عند تجمع العناقيد الثلاثة (١ و ٢ و ٣) عند إنتاج الأجسام المضادة وتضيف لها نسخة من الـ(RNA) منسوخة عن العنقود الرابع، و أخيراً فإن المناطق التي تشفر قطع البروتين المتجاورة تكون نفسها في ترتيب متجاور على الـ(RNA).

ولكن كيف يمكن لهذه العملية أن تفسر تنوع الأجسام المضادة؟ لقد تبين أن أجزاء من القطع في العناقيد (١ و ٢ و ٣) تشكل أجزاءً من مناطق الارتباط الموجودة في قمة حرف (Y) -شكل الجسيم الضدي-، وبالتالي فإنَّ مزْجَ وربط قطع مختلفة من العناقيد الثلاثة المختلفة يضاعف عدد مناطق الارتباط التي تمتلك أشكال مختلفة، و لتوضيح ذلك سنفرض على سبيل

المثال أن قطعة من العنقود الأول تشفر لنتوء في منطقة الإرتباط و قطعة أخرى تشفر لشحنة موجبة، وإلى جانب ذلك توجد قطع مختلفة في العنقود الثاني تشفر لمنطقة دسمة وشحنة سالبة وانخفاض عميق بشكل متتالي، فيمكن بالتالي الحصول منهما على ستة تركيبات محتملة -نتوء ثم منطقة دسمة ثم شحنة سالبة ثم انخفاض عميق وشحنة موجبة ثم منطقة دسمة ثم شحنة موجبة ثم انخفاض عميق-، وتعتمد هذه العملية على نفس مبدأ سحب ثلاث أرقام من صندوق القرعة وبالتالي تفسر لنا مدى التنوع الكبير في اليانصيب الوطني، فسحب ثلاث أرقام من أصل الأرقام (٠- ٩) يمكن له أن يعطي (١٠٠٠) نتيجة محتملة، وعند إنتاج السلسلة الثقيلة في الجسم المضاد يمكنها الحصول على قطعة واحدة من أصل (٢٥٠) قطعة موجودة في العنقود الأول وقطعة واحدة من أصل عشرة في العنقود الثاني وقطعة واحدة من أصل ستة في العنقود الثالث، وعلاوة على ذلك فإنَّ عملية الخلط أثناء عملية التأشيب تهز القطع -عن طريق حشر حمض أميني آخر في السلسلة أو الإبقاء عليها في الخارج- وهذه العملية يمكن لها أن تضيف عامل آخر لزيادة التنوع يمكن تقديره بـ(١٠٠ مرة) وبالنتيجة يمكن أن نحصل نتيجة لعملية المزج والربط في قطع الـ(DNA) على (٢٥٠*١٠*٦*١٠٠) ويقدر بحوالي مليون تركيب مختلف لتتالي السلسلة الثقيلة، ويمكن إنتاج عشرة آلاف تركيب مختلف خاص بالسلسلة الخفيفة بطريقة مشابهة لما سبق.

أما مقابلة جينة خاصة بالسلسلة الخفيفة مع جينة خاصة بالسلسلة الثقيلة بشكل عشوائي في كل خلية فيمكن له أن ينتج عدد ضخم من الإمكانيات في المحصلة يقدر بعشرة آلاف ضعف من المليون أو عشرة مليار تركيبة، يقدم هذا التنوع الهائل من الأجسام المضادة عدد كبير جدا من مناطق الارتباط المختلفة وبالنتيجة فهذا ما يمكن الأجسام المضادة من الارتباط مع أي جزيئة تقريبا حتى لو كانت مصطنعة، وكل هذا التنوع يأتي من حوالي (٤٠٠) قطعة جينية مختلفة.

ولدى الخلية حيل أخرى لترفع عدد الأجسام المضادة المحتملة، وتحدث إحدى هذه الحيل بعد الغزو الخارجي للجسم، حيث تستقبل الخلية إشارات لتتضاعف عندما ترتبط الخلية بمواد خارجية عنها، وتسمح الخلية بشكل مقصود لحدوث مستوى عالٍ من الطفرات أثناء دورات التضاعف المذكورة في المناطق المتغيرة من جينات السلسلة الخفيفة والثقيلة فقط. وهذا ما ينتج تباينات في جذور المنجم. بما أنَّ الخلية الأم تشفر لجسم مضاد قد أصبح معروفا بشكل مسبق أين يرتبط جيداً، فإنَّ حدوث هذه الطفرات في هذا التتالي قد ينتج رابط

أقوى، وفي الحقيقة أثبتت الدراسات أنه في حالة العدوى تكون الأجسام المضادة التي تنتج بشكل متأخر من قبل الخلايا ذات ارتباط أقوى مع الجزيئات الخارجية عند مقارنتها مع الأجسام المنتجة مبكرا. وتضيف حالة (فرط طفرات الخلايا الجسمية) العديد من التراتيب المضخمة للتنوع الممكن للأجسام المضادة، هل تذكر الفرق بين مصانع الخلايا البائية والمصانع في الخلايا البلازمية؟ أهي تلك القطعة الدسمة في (٧) التي تثبت الجسم المضاد على غشاء الخلايا البائية؟ في الخلايا البلازمية. وعند إنتاج نسخة الـ(RNA) من الجين، فلا يتم انتساخ القطعة الغشائية فهذه القطعة تقع في مجرى انتساخ باقي الجينة، ولتوضيح الفكرة يمكن أن نشبه الـ(DNA) بالرسالة التي تقول: "(الثعلب ب هـ خ ق السريع يقفز ص ث ق ف فوق ن هـ ع ق الكلب ع ث ق ف و يأكل ق ث ح ف ف الأرنب)" فالكلمة الأخيرة هنا يمكن حذفها أو أن تبقى ولكن الرسالة ستحتفظ ببعض المعنى.

بوصة تلو بوصة

يتطلب نظام تنوع الأجسام المضادة عدة مكونات ليعمل. بالطبع تأتي الجينات بحد ذاتها في المرتبة الأولى والإشارات المحددة لبداية ونهاية القطع الجينية ثانياً، و تكون كل قطعة جينية في المُتعضيات الراقية مُحاطة بإشارة خاصة كعلامة ليأتي الإنزيم ويربط الأجزاء معاً. ويمكن توضيح ذلك بالعبارة "الثعلب س ش هـ غ هنا ب ي ب ا اقطع ب ي س غ السريع يقفز فوق ص ض ق ف هنا ق خ ح ج اقطع ب ي ق ث الكلب"، و بوجود البداية والنهاية فإنَّ الخلية تُبقي هذه الأجزاء معا. وثالث المكونات تأتي الآلة الجزيئية التي تستطيع تميز إشارات القطع الخاصة وتقوم بالوصل بالطريقة الصحيحة. و بغياب هذه الآلة الجزيئية لا يمكن قطع أو وصل هذه القطع في حين أنَّ غيابَ الإشارات مشابه لتوقعنا الحصول على دمية ورقية بالاعتماد على آلة تقوم بقطع الورق عشوائيا، وبالطبع عند غياب الرسالة التي تعبر عن الجسم المضاد المطلوب ستكون المكونات الأخرى بلا معنى.

يعزز الافتقار إلى الحد الوظيفي الأدنى من وجود التعقيد غير القابل للاختزال. تخيل أنْ تكون تائهًا في قارب نجاة في وسط بحر عاصف وبالصدفة يطفى صندوق يحتوي على محرك دفع. لن يستمر شعورك الغامر بالفرح والأمل بالنجاة عندما تكتشف بعد تثبيت المحرك على القارب أنَّ شفرته تدور بسرعة دورة واحدة في اليوم، لذلك يفشل النظام عندما يكون مستوى النظام بدرجة أقل من المطلوب.

إنَّ البحث في مشكلة أصل التنوع الموجود في الأجسام المضادة يُحيلنا إلى المتطلبات اللازمة للوظيفية بالحد الأدنى. فالنظام البدائي الذي يملك جسم مضاد واحد أو بضع أجسام مضادة سيكون مثل العنفة التي تدور دورة واحدة في اليوم، وبالنتيجة سيكون غير كفؤٍ لإحداث فرق، -للاستفاضة في هذه النقطة، يمكن تشبيه هذا الأمل كما لو أنَّ مكتبَ التحقيقات الفيدرالي يمتلكُ فقط مجموعتي بصمات في قاعدة البيانات خاصته ويريد أنْ يلتقطَ هاتين المجموعتين من ضمن مئات آلاف الجرائم- ولأنَّ احتمال أن يتوافق شكل جسم مضاد واحد مع البكتيريا المهددة صغير جدا -يمكننا تقدير هذا الاحتمال بواحد من مئة ألف أو رقم قريب منه- فالحيوان الذي ينفق طاقته لإنتاج خمس أو عشر أجسام مضادة ستكون بمثابة إهدار للموارد التي يمكن استغلالها في ولادة ذرية أكثر أو بناء جلد أقوى أو حتى إنتاج أنزيم يُطرح لتحطيم الـ(RNA)، فليكون النظام المنتج للأجسام المضادة جيدا يجب أن يكون قادرًا على إنتاج عدد كبير جدا من الأجسام المضادة ومن البداية.

القاتل المأجور

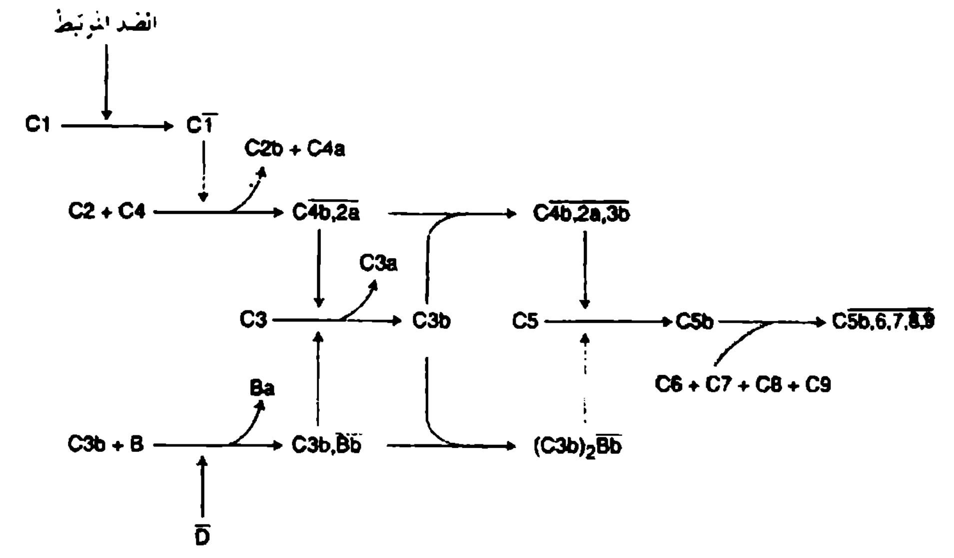
افترض أنَّكَ تعيشُ مع مجموعة من الناس في تجمع سكني كبير منذ آلاف السنين الماضية. فمن الأمور التي يجب أن تقلق حيالها لصوص الفايكنغ إذ يقع هذا التجمع السكني قرب الشاطئ. و لذلك فإن هذا التجمع محاط بسور خشبي عالٍ وقوي، وخلال غاراتهم يتم سكب أوعية كبيرة من الزيت المغلي على الأشخاص الذين يحاولون صعود السلالم، وفي أحد الأيام الاستثنائية قرع باب التجمع السكني عرّاف متجول وفتح حقيبته وعرض عليكم بيع سلاح من المستقبل وأطلق عليه اسم (بندقية) وعندما يتم سحب الزناد فإنَّ المقذوف سينطلق بالاتجاه الذي تريد، ومما يميز هذا السلاح أنَّهُ متنقل، وبسرعة كبيرة يمكن نقله للجهة الأخرى من التجمع السكني إذا تسلل المعتدي من هناك. ومقابل هذه البندقية دفعت أنت وساكني التجمع بقرتين وأربعة من الماعز.

في نهاية المطاف أتتْ غارةٌ على المجمع السكني، وتمَّ استخدامُ الزيت المغلي المتدفق ولكن الغزاة هجموا بقوة وأنت تسمع الضرب على بوابة المجمع السكني. ثم تخطو بثقة نحو البوابة وبيدك البندقية، وأخيرًا تمَّ سحق البوابة وتدفق من خلالها الغزاة وهم يصرخون ويلوحون بفؤوسهم، ثم وجهت البندقية وأطلقت باتجاه قائدهم وإذ بالمقذوف يطير في الهواء ويلتصق

بأنف رئيس عصابة الفايكنغ. وعلى أسطوانة البندقية كلام منقوش مكتوب بأحرف لا تستطيع قراءته (Acme Toy Dart Gun بندقية لعبة الأسهم)، وبعدها توقف رئيس عصابة الفايكنغ وحدّق بك ثم بدأ يضحك بينما بدأت ابتسامتك تتلاشى، ثُمَّ انطلق مع رفاقه باتجاهك لحسن حظك لقد بعثت مجددا ككيميائي حيوي في القرن العشرين.

الأجسام المضادة هي مثل لعبة الأسهم التي لا تؤذي أحد كإشارة (الحكم بالتدمير) التي يتم وضعها على البيت القديم أو إشارة الـ(X) البرتقالية التي يتم وضعها على الشجرة ليتم إزالتها. فالأجسام المضادة ليست إلا علامة وسمٍ تُرشد أنظمة أخرى لتقوم بتدمير العنصر الموسوم. إنَّهُ لمن المستغرب الاعتقاد أن الجسم خاض كل هذه المشاكل لتطوير نظام معقد لتوليد هذا التنوع في الأجسام المضادة، وبعدها قام باختيار مجهد لبضع خلايا بعملية ملتوية من الانتقاء النسيلي، ثم هو مع ذلك لايزال في الظاهر عاجزًا أمام هجوم الغزاة.

يتم القتل الفعلي لكثير من الخلايا الغريبة التي يتم وسمها بالأجسام المضادة بواسطة نظام المتممة ويدعى هذا النظام بهذا الاسم لأنه يقوم بإتمام عملية التخلص من الغزاة. يعتبر هذا السبيل معقد من جهات مختلفة (الشكل٦-٣) فهو مشابه لشلال تخثر الدم الذي تم مناقشة في القسم الرابع، ويتكون من ٢٠ بروتينًا تقريبًا تشكل سبيلين مرتبطين ببعضهما يطلق عليهما السبيل التقليدي والسبيل البديل، حيث يبدأُ السبيل التقليدي عندما يرتبط تجمع بروتيني كبير يدعى (C1) مع الجسم المضاد الذي يرتبط بنفسه على سطح الخلية الغازية. والخطوة الحاسمة هي ارتباطِ معقد (C1) مع الجسم المضاد المرتبط بالخلية الغازية فقط. فإذا ارتبط هذا المعقد مع الأجسام المضادة المنتشرة في المجرى الدموي فلن يكون هناك معقدات (C1) متوفرة للارتباط بالخلايا المعادية، أو إذا ارتبط المعقد (C1) مع غشاء الخلايا البائية المرتبطة بالأجسام المضادة فسوف تطلق سلسلة التفاعلات التي تنتهي بقتل الخلايا الغريبة.



(الشكل٦-٣) مسار المتممة.

يتشكل معقد (C1) من ٢٢ سلسلة بروتينية والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات تسمى المجموعة الأولى بـ(C1q) وتشمل المجموعة الأولى بدورها ست نسخ من ثلاث أنماط مختلفة من البروتينات بمجموع كلي هو ١٨ بروتينا، ويطلق على المجموعتين الأخريين (C1r و C1s) وكل منهما تحتوي على نسختين من بروتينات مختلفة، تبدأ أنواع البروتينات الثلاثة الموجودة في (C1q) جميعها بتتالي خاص من الحموض الأمينية، مشابه لتتالي الحموض الأمينية في بروتين الكولاجين الموجود في الجلد، يسمح هذا التتالي بدوره للذيول الموجودة في أنواع بروتينات (C1q) بأنْ تلتف حول بعضها مثل الضفائر. وتشكل طريقة الانتظام هذه معقدات صغيرة من كل نوع بروتيني بينما تطوى سلاسل البروتينات المتبقية بشكل معقدات كروية الشكل في قمة الضفائر ومن ثم تجتمع كل ستة معقدات صغيرة معا، بينما تلتصق الضفائر الست بشكل طولي لتشكل سويقة مركزية يبرز خارجها ست نتوءات، تُظهر صور (C1q) بالمجهر الإلكتروني كشيء مشابه لوحش له (رأس الهيدرا) في حين شبهه بعض الأشخاص بباقة زهر الأقحوان ولكني أحب التعبيرات الدرامية، ترتبط رؤوس (C1q) بمعقد الجسم المضاد الخلية الغازية ويجب أن يلتصق رأسين على أقل تقدير ليتسنى إثارة هذا السبيل، فعندما ترتبط الرؤوس يتغير شيء ما في (C1q) وهذا التغيير يسبب بدوره ارتباط (C1r و C1s مع C1q) بقوة أكبر وعندئذ يقطع (C1r) نفسه (العنوان الرئيسي: كلب يعض كلبا)

ليُعطي (C_{1r}^{-}). البروتينات المُفعلة يرمز لها بخط علوي فوق الرقم والحرف الصغير ويصبح (C_{1r}^{-}) قادر على شطر (C1s) ليُعطي بدوره (C_{1s}^{-}).

لا يزال هناك طريق طويل يجب أن نسير فيه بعد انشقاق (C1s) لنصل إلى المرحلة النهائية من تدمير الخلية الغازية. تُدعى بروتينات (C1) مجتمعة بوحدة التعرف، بينما تدعى بروتينات المجموعات التالية (C2، C3 ، C4) بوحدة التفعيل. وعلى العكس من وحدة التعرف لا تكون وحدة التفعيل موجودة مسبقا في قطعة واحدة لذا يجب تجميعها. الخطوة الأولى في تشكيل وحدة التفعيل هي انشطار (C4) بواسطة (C_{1s}^{-}) وعندها فإنَّ مجموعة شديدة التفاعلية تصبح على تماس مع المحيط بعدما كانت داخل إحدى القطع (C4b). تتفاعل المجموعة التفاعلية كيميائيا مع الغشاء إذا كانت قريبة منه، ويعد ارتباط (C4b) ضروريًّا لكي تستطيع بقية البروتينات في وحدة التفعيل القيام بفعل المرساة بحيث تبقيها بالقرب من الخلية الغازية. ومن جهة أخرى إذا تموضعت (C4b) في الاتجاه الخاطئ أو طفت في المحلول، فستضمحل المجموعة التفاعلية سريعا دون أن ترتبط مع الغشاء الصحيح.

بعد ارتباط (C4b) معَ الغشاء المستهدف وبالاشتراك مع (C_{1s}^{-}) يتم شطر (C2) إلى قطعتين هما القطعة الكبيرة (C2a)، التي تبقى ملتصقة بـ(C4b) لتعطي($C_{4b,2a}^{---}$)، وتعرف أيضًا بـ(محولة C3). ويجب على (C3) أنْ تقوم بدورها بسرعة وإلّا فإنَّها ستتفكك ويطفو (C2a) بعيدا. إذا كان جزيء C3 في الجوار فستقوم محولة C3 بشطره إلى قطعتين، وتلتصق C3b مع C3 لتشكل ($C_{4b,2a3b}^{-----}$) التي تُدعى بدورها (محولة C5)، يعد شطر C5 إلى شطرين آخر تفاعل في وحدة التفعيل.

وأخيرا يكون النظام جاهزا عند هذه المرحلة لتثبيت خنجرا في الخلية الغازية، حيث تلتصق قطعة من قطعتي (C5 مع C6 وC7). وتملك البنية المتشكلة خصائص تمكنها من إدخال نفسها في غشاء الخلية، وبعدها يرتبط ($C_{5b,6,7}^{----}$) مع جزيء (C8) وعدد متغير من جزيئات C9 (من ١ إلى ١٩). ولكن لا تشكل هذه البروتينات على أية حال كرة هشة غير متمايزة، بل تنظم أنفسها بشكل أنبوبي يقوم بثقب فوهة في غشاء الخلية البكتيرية الغازية. و بما أنَّ المحلولَ الداخل خلوي يكون مركزا جدا فسيتدفق الماء بسبب الضغط الحلولي إلى الداخل وتنفجر الخلية البكتيرية بالنتيجة.

ويوجد سبيل بديل لتفعيل المعقد المُهاجم للغشاء يمكن أنْ يقوم بدوره مباشرة بعد حدوث العدوى ولا يحتاج لانتظار إنتاج أجسام مضادة نوعية. فكمية قليلة من (C3b) في السبيل البديل (والتي يبدو أن إنتاجها يكون بشكل مستمر بكميات قليلة) ترتبط مع بروتين يدعى العامل (B)، وتنتج المعقد (C3b,B) الذي يمكن شطره بواسطة بروتين آخر هو العامل D ليُعطي ($\overline{C_{3b,Bb}}$). وهذا المعقد يمكنه أن يقوم بنفس عمل محولة C3. أما عند إنتاج زيادة من C3b، فإنَّ جزيء آخر من (C3b) يمكنه أنْ يرتبط مع المعقد ($\overline{C_{3b,Bb}}$) ليُعطي المعقد ($\overline{C3b_{2}\cdot Bb}$). من الواضح أنَّ هذا هو محولة C5 التي تنتج C5b وتقوم بعدها ببدء تشكيل معقد مهاجمة الغشاء بنفس السبيل الأول المذكور سابقا.

إن حركة البروتين C3b بحرية ضمن الخلية أمر خطير بإمكانه إثارة النهاية المدمرة للسبيل المتممة. ولإنقاص الأضرار العشوائية الخاصة به، يوجد نوعان من البروتينات هما (I و H) يقومان بالبحث عنه والالتصاق به ثم إفساده في المحلول. ولكن عندما يكون C3b على سطح الخلية فإن بروتينا آخر هو (البروبريدين properdin) يرتبط معه ويحميه من الفساد. وهكذا يمكنه أن يقوم بدوره. ولكن كيف يمكن لـ(C3b) أن يستهدف الخلايا الأجنبية بغياب الأجسام المضادة؟ يكون C3b فعال فقط عندما يلتصق بسطح الخلية، والتفاعل الكيميائي الذي يُمكنه من القيام بدوره يكون أسرع بوجود جزيئات تتوافر عادة على سطح العديد من البكتريا و الفيروسات.

مشاكل

إنَّ سبيل المتممة عبارة عن شلال كما هو الحال في سبيل تخثر الدم. وسيواجه بالضرورة أحدنا نفس المشاكل عندما يحاول تخيل عملية تطور تدريجية له. فالمشكلة لا تكمن في آخر عملية في الشلال. فإحداث ثقب في الغشاء لا يتطلب بالضرورة عدة مكونات مختلفة. فيمكن للمرء تصور بروتين قاتل واحد يمكنه القيام بهذا العمل، كما أنَّهُ ليس من الضرورة أيضًا أنْ يتطلب الأمرُ عدةَ مكونات لتشكيل تجمع بروتيني كما هو حاصل في عملية تخثر الدم فتحت شروط محددة يمكن لأيِّ بروتين أنْ يتجمع (إن أشكال الهوة المحدثة بواسطة متممة–معقد المحدد وتراكم الفبرين، معدة بشكل خاص لتناسب الوظائف التي تقوم بها وتحتاج إلى

تفسير). وكما رأينا في القسم الرابع، فإن عمود الهاتف بحد ذاته يمكنه ضرب الديك (Foghorn Leghorn).

تكمن المشكلة في أنظمة الرقابة والتحكم. فهي تستلزم عند كل نقطة رقابة وجود البروتين المنظم والبروتين المقنع والذي عليه أن يكون فعالاً منذ البداية. إذا ما وجد (C5b) فإنَّ بقيةَ الشلال سيتفعل فورا، ولكن إذا ما وجد (C5) من دون وجود أي شيء قادر على تفعيله سيكون كامل الشلال مقفلاً. وبالمثل إن وجود (C3b) سيطلق الشلال مباشرة، ووجود (C3) دون وجود أي شيء قادر على تفعيله سيغلق كامل السبيل، حتى لو تصور أحدنا سبلاً مختصرة جدا (على سبيل المثال يكون فيه C1s يشطر مباشرة C5).فحشر نقاط رقابة إضافية في وسط الشلال سيواجه نفس المشكلة وهي التعقيد غير القابل للاختزال الذي نجده في المفاتيح الكهربائية.

بالإضافة إلى المشاكل العامة المتعلقة بضبط الشلال يتشاطر سبيل المتممة مشكلة أخرى مع شلال التخثر الدموي وهي ضرورة ربط البروتينات بالأغشية، حيث يجب تعديل عوامل تخثر عديدة أولا لاصطناع ثمالات (G1a) لتتمكن من الالتصاق بالغشاء. أما في سبيل المتممة فإنَّ كل من (C3 وC4) يمتلك مجموعات داخلية شديدة التفاعلية بشكل غير عادي ويمكنها أن ترتبط كيميائيًّا بالغشاء بعدما يتم شطر البروتينات بعوامل أخرى، ويجب توفر هذه السمات الخاصة قبل أن يكون السبيل قادر على القيام بوظيفته، مضيفة عدة حواجز عتيدة تقف في وجه قبول فكرة تطورها التدريجي.

تملك الكثير من سمات نظام المتممة عوائق محبطة لفكرة التطور التدريجي. دعونا نأخذ بعين الاعتبار بعض المميزات الباهرة لنظام (C1) فقط، حيث يوجد ثلاث أنواع من البروتينات في ضفيرة (C1q) تلتف حول بعضها البعض ولكن لا تلتف كل ضفيرة حول ذاتها، وفي حال التفت حول ذاتها ستتغير نسبة سلاسل الأنواع المختلفة في المعقد، وستكون النتيجة انخفاض فرصة الحصول على معقد C1q الحقيقي الذي يمتلك ست نسخ من ثلاث سلاسل مختلفة، وإذا لم يُثر على ارتباط C1q مع معقد الجسم المضاد –الخلية الغازية الانفصال الذاتي لـC1r)– فسيتوقف الشلال، وبالعكس فإنَّ شطر C1r لنفسه قبل ارتباط C1q مع معقد الضد فإن الشلال سيكون مُفعلا قبل الوقت المطلوب وهكذا.

حتى سيزيفوس سيظهر تعاطفه

إنَّ عمل نظام المناعة شرْطٌ أساسيٌ ولازم للصحة. إذ أنَّ سبب أو علاج الأمراض الرئيسية كالسرطان والإيدز يكون على هوى النظام المناعي. لقد أضحى النظام المناعي موضع اهتمام شديد بسبب تأثيره على الصحة العامة. واليوم تعمل آلاف المختبرات البحثية حول العالم على مختلف جوانب النظام المناعي. وقد أسهمت جهودهم في حفظ العديد من الأرواح وتعد بإنقاذ المزيد في المستقبل.

وعلى الرغم من قطعنا لأشواطٍ طويلةٍ في فهم عمل النظام المناعي إلا أنَّنا لم نزلْ نجهلُ كيف ظهر هذا النظام للوجود. لا أحد من آلاف العلماء في هذا المجال أجاب عن أيٍّ من الأسئلة المطروحة في هذا الفصل، حتى أن بعض العلماء هم من طرح الأسئلة بدل الإجابة عنها. يبين البحث في منشورات علم المناعة حجم العمل المستمر في علم المناعة المقارن – أي دراسة الأنظمة المناعية عند الأنواع المختلفة–. بالرغم من أهمية هذا العمل إلا أنه لا يعالج السؤال عن نشأة أنظمة المناعة بتفاصيلها الجزيئية، ربما تكون أفضل محاولة للقيام بذلك حتى الآن هي في مقالتين قصيرتين: نشر الأولى (David Baltimore)، الحائز على جائزة نوبل مع عالمين آخرين بارزين تحمل العنوان المثير (التطور الجزيئي للنظام المناعي عند الفقاريات)، لكنها لا ترقى إلى هكذا عنوان لكونها مجرد صفحتين. وكتب المؤلفون:

"ليمتلك أيُّ كائن حيٍّ نظامًا مناعيًا قريبًا من نظام المناعة لدى الثدييات فإنَّ الحد الأدنى من الجزيئات المطلوبة هو مستقبلات المستضدات –الغلوبونيات المناعية ومستقبل الخلية اللمفاوية التائية TCR– وجزيئات تقديم المستضد –معقد التوافق النسيجي الكبير MHC– وبروتينات إعادة تنظيم الجينات".[٥] الغلوبولينات المناعية هي الأضداد وجزيئات TCR تشبه الأضداد. ناقش المؤلفون بعد ذلك أنَّ أسماك القرش –والتي تعتبر ذات صلة بعيدة بالثدييات– تمتلك العناصر الثلاثة. لكن أنْ تقولَ: "إنَّ لكائنٍ ما نظامَ مناعة وظيفيًّا ومكتملا" شيء وأن تقول: "كيف تطورت هذا النظام" شيءٌ آخر. أدرك هؤلاء العلماء هذا الأمر بالتأكيد وقالوا: "تتطلب كلا من الغلوبولينات المناعية وجينات (TCR)، بروتينات (RAG) لإعادة ترتيب الجينات. تتطلب هذه البروتينات من جهة أخرى إشارات تأشيب محددة لإعادة تنظيم الغلوبولينات المناعية وجينات (TCR)".

وRAG: هو المكون الخلوي الذي يقوم بإعادة ترتيب الجينات. لقد قام هؤلاء العلماء بخطوة جريئة عند محاولتهم اكتشاف العناصر المطلوبة، لكنهم في النهاية قفزوا إلى الصندوق ليطيروا مع شخصيتي (Calvin و Hobbes) الكرتونيتين. تكهن العلماء أن إمكانية انتقال الجينات من البكتيريا إلى الحيوان كان مسألة حسن حظ، ولحسن الحظ أيضا قدر البروتين الناتج عن هذا الجين على إعادة ترتيب الجينات بنفسه. ولحسن الحظ أيضاً مرة أخرى وجدت إشارات في (DNA) الحيوان قريبة من جينات الأضداد وهكذا. حدد العلماء في التحليل الأخير المشاكل الرئيسية بالتطور التدريجي للنظام المناعي لكن حلولهم المقدمة هي مجرد إعلان للعجز بلسان الحال.

أما المقالة الأخرى التي تحاول أنْ تفسرَ جزءًا من النظام المناعي بعنوان (تطور نظام المتممة)[٦] فهي كالمقالة التي نوقشت أعلاه: مقالة قصيرة تفسيرية، أيْ أنَّها ليست مقالة بحث علمي. قام مؤلفو المقالة بتخمينات خيالية حول ماهية الجزء الذي أتى أولًا وماهيَّة الجزء التالي. لكنهم وبشكل حتمي التحقوا بـ(Russel Doolittle) في افتراض بروتينات غامضة – غير مضبوطة– ومنفلتة –في مكان ما عبر التطور حدث اندماج جيني مهم أنتج أنزيم بروتياز يحوي موقع ارتباط ل C3b البدائي–. حسَّن تطور مكونات الطريق البديل الأخرى تضخيم الإشارة ونوعيتها. سيسمح عندها الذي نتج من تضاعف جينة العامل B بمزيد من التشعب والتخصص لطريقي تفعيل المتممة.

لا يبدو أن هناك حسابات كمية في هذه المقالة ولا حتى اعتراف بأنَّ عملية تضاعف الجين لا تخلق فورا بروتينا جديدا. ولا يوجد حتى أي قلق حول عوز عناصر التحكم المنظِّمة للمسار. وإلا لكان من الصعب موائمة هذه المواضيع المقلقة ضمن فقرات المقال الأربع التي تتناول الآليات الجزيئية.

هناك العديد من الأوراق الأخرى والكتب التي تناقش تطور الجهاز المناعي[٧]. ولكن معظمها، يتحدث على المستوى البيولوجي الخلوي وعليه فإنها لا تبالي أطلاقا بالآليات الجزيئية المفصّلة، أو ما سواها من مقارنة لتسلسلات الـ(**DNA**) أو البروتينات. قد يكون مقارنة التسلسلات وسيلة جيدة لدراسة الارتباط، ولكن لا يمكن للنتائج أن تخبرنا بأي شيء حول الميكانيكية التي أنتجت لأول مرة ذلك النظام.

يمكننا النظر في الكتب أو المجلات التي ظهرت أو التي ستأتي ولكن لن تتغير النتيجة وستبقى على حالها. فالأدبيات العلمية لا تملك أية أجوبة على السؤال عن أصل الجهاز المناعي.

لقد قمت في هذا الفصل بالنظر في ثلاث خصائص للجهاز المناعي-الانتقاء النسيلي، التنوع الضدي، ونظام المتممة-ووضحت أن كل واحد منها منفردا يملك التحديات الجسام أمام الاعتقاد بنظرية التطور التدريجي خطوة-بخطوة. ولكن إثبات أن هذه الأجزاء لا يمكن أنْ تكون قد بنيت خطوة بخطوة يخبرنا بجزء واحد فقط من القصة، لأنَّ كل جزء يتداخل مع باقي الأجزاء لتكتمل الصورة. فكما أنَّ السيارةَ التي تفتقر إلى عجلة القيادة أو البطارية أو المكربن لنْ تنطلقَ إلى أيِّ مكانٍ ولن تكونَ ذات فائدة، كذلك الحيوان لن يستفيدَ من نظام الانقاء النسيلي إنْ لمْ يكنْ هنالك طريقةٌ لتوليد الأجسام المضادة المتنوعة. وكذلك لن تقدم الذخيرة الكبيرة من الأجسام المضادة أيَّةَ فائدةٍ إنْ لم تقمْ بقتل الغزاة. ولن يكون جهاز القتل هذا مفيدًا إنْ لم يستطعْ التعرفَ على الغزاة. في كل خطوة نخطها نجد أنَّ الطريقَ مسدودٌ أمامنا ليس فقط بواسطة مشاكل النظام المحلية، ولكن أيضًا بواسطة النظام المتداخل مع بعضه البعض.

لقد قمنا بالنظر في بعض الجوانب الإيجابية للجهاز المناعي، ولكنْ أيضًا هناك العديد من العواقب الناتجة عن التجول حاملين هكذا أسلحة مذخرة. لأنَّ عليك الحرص على أنْ لا تطلق النار على قدمك. على الجهاز المناعي أنْ يفرقَ بين نفسه وبين الكون المتبقي. فعندما نقول: إنَّ البكتيريا غزت الجسم وإنَّ الجهازَ المناعي أطلق ضدها الأجسام المضادةَ يتبادرُ السؤال إلى الذهن فورًا وهو لمَ لا يطلق تلك الأجسام على كريات الدم الحمر مثلا والتي تدور بشكل دائم في مجرى الدم أو أنْ تنطلق تلك الأجسام ضد أي نسيج من أنسجة الجسم التي ترتطم بها الكريات البيض باستمرار؟ إذا ما قام الجسم بتوجيه الأجسام المضادة ضد نفسه فإنَّ طامةً معممة ستحل. على سبيل المثال، الأشخاص الذين يعانون من التصلب المتعدد يقوم جسمهم بإنتاج الأجسام المضادة ضد المادة العازلة التي تحيط بالأعصاب. وينتج عن إنتاج تلك الأضداد تدمير تلك المادة العازلة، كاشفة الأعصاب وقاطعة الإشارات التي تقوم بإيصالها، الأمر الذي ينتج عنه الشلل. في الداء السكري الطفلي (الشبابي) يتم انتاج الأجسام المضادة ضد الخلايا البنكرياسية (β)، مما يسبب تدميرها. وعليه يغدو الشخص قليل الحظ عاجز عن اصطناع الأنسولين وعادة ما يموت إنْ لمْ يزودْ بالأنسولين الصناعي.

الفصل السابع

السحق على الطريق

انظر لكلتا الجهتين

أعيشُ مع عائلتي على بعد نحو خمسة أميالٍ من المخيم على واحدٍ من أكثرِ الجبال الجميلة في بنسلفانيا. على الرغم من أنَّ المنطقةَ قريبةٌ من البلدة إلَّا أنَّها ريفيَّةٌ ذاتُ غابات كثيفة حيث إنَّهُ بالكاد توجد مساحة واضحة لمنزل. الطريق المؤدي لبيتنا طريق ريفي ضيق، طريق متعرجة ما يجعلها طريقا إلى أعلى الجبل، وبينما أقود سيارتي ذاهبا للعمل في الصباح أو عائدا ليلا إلى المنزل أرى بعض الحيوانات الصغيرة الرابضة على جانب الطريق مستعدة لتقوم بالجري. سواءً ليقوم بخطوة كمحاولة للتأثير على الجنس الآخر أو أنه مجرد متلهف للعودة إلى بيته، لا أدري لكنها لعبة خطيرة تلك التي يلعبونها لكن بعضهم سيدفع الثمن.

السناجب هي الأسوأ بخلاف الحيوانات الحساسة فالسناجب لا تجتاز الطريق فحسب. بينما من بعيد تستطيع أنْ تراهم جالسين على أحد جانبي الطريق وكلما اقتربت يندفعون إلى الجانب الآخر يتوقفون يعكسون وجهتم مندفعين عائدين إلى وسط الطريق. كلما اقتربت أكثر فأكثر لاتزال السناجب واقفة في منتصف الطريق، أخيرا وبينما تقود السيارة تقرر السناجب بأنَّ الجانب الذي تسلكه هو الجانب الذي يريدونه فعلا. تستطيع السناجب أن تعبر تحت السيارة لذلك هنالك أمل بأنْ تختفي السناجب تحت النهاية الأمامية ويمكن أن تراهم في المرآة الأمامية ومنطلقين لبر الأمان أحيانا ينجحون في ذلك وأحيانا لا.

عادة ما تمشي جرذان الأرض[1] بخط مستقيم لتجتاز الطريق بحيثُ تجعلُ من طريقها سهل التوقع لكنَّك لا تحصل على تحذير كاف. غالبًا وبينما تقود سيارتك مفكرا في العشاء فجأة يظهر شيء صغير مدور يترنح في الظلام في طريقك في تلك اللحظة كل ما تستطيع القيام به أن تصر على أسنانك منتظرا الصدمة على عكْس السناجب فجرذ الأرض لا يتسع تحت السيارات، وفي الصباح التالي كل ما يتبقى على الطريق هو بقعة فالسيارات الأخرى طمست معالم الجثة وكل ما تبقى هو لون أحمر طبيعي على الأسنان والمخالب والأسفلت.

على الرغم من حركة المرور قد نشطت مؤخرا، لكنها لا تزال بطيئة بعض الشيء سيارة واحدة كل بضعة دقائق خلال النهار وكل نصف ساعة في الليل، وبذلك يكون من السهل على معظم الحيوانات أنْ تجتاز الطريق بسهولة إلى الطرف الآخر، لكن هذا ليس بصحيح في كل

---

[1] Groundhogs: نوع من القوارض التي تعيش في أمريكا الشمالية، أكبر حجماً من السناجب.

مكان. طريق سكولكيل السريع[2] وهو الطريق الرئيسي إلى فيليدلفيا من جهة الشمال الغربي هو بعرض ثماني أو عشر مسارب في مسافات معينة. مقدار حركة المرور يعادل وبسهولة آلاف المرات من مقدار الحركة المرورية بجانب بيتي. لذلك لن يكون من الذكاء المراهنة على أن جرذ الأرض يستطيع أنْ يعبرَ من جهة إلى أخرى عند ساعة الذروة في طريق سكولكيل السريع.

افترض أنَّك جرذُ أرض جالسٌ بجانب طريق أوسع بمئات المرات من طريق (سكولكيل) السريع، ويوجد آلاف الممرات ذاهبة باتجاه الشرق وأخرى باتجاه الغرب وكل منها مزدحم بالشاحنات والسيارات الرياضية والعربات الصغيرة تقود بالحد الأقصى للسرعة، وأنثى جرذ الأرض الحبيبة على قلبك في الاتجاه الآخر تدعوك أن تعبر لتأتي إليها، وتلاحظ أنَّ معظم المنافسين لك في الحب في المسرب الأول وبعضهم في المسرب الثاني والبعض متفرّق في المسرب الثالث والرابع ولا يوجد أحد أبعد من ذلك. علاوة على ذلك فالقاعدة الرومانسية أن تبقي عينيك مغلقتين خلال الرحلة مؤمنا أن القدر سيوصلك بأمان إلى الجهة الأخرى. وترى ذلك الوجه البنيَّ السمين المبتسم لحبيبتك والشواربَ الصغيرةَ مترنحةً والعينين الناعمتين اللتين ترمشان. وتسمع صراخ عجلات الشاحنة ذات الثمانية عشر عجلة وكل ما عليك فعلُهُ هو أنْ تغمض عينيك وتدعو.

يوضح مثال جرذ الأرض وهي تجتاز الطريق مسألة التطور التدريجي. وحتى هذه النقطة في هذا الكتاب قد أكدت على أنظمة التعقيد غير القابلة للاختزال التي تتطلب عدة عناصر للعمل، وكذلك الحواجز الضخمة للتطور التدريجي حيثُ ناقشت عددًا من الأمثلة ويمكن الاطلاع على المزيد منها من خلال تصفح كتاب في الكيمياء الحيوية. لكنَّ بعضَ الأنظمة البيوكيميائية ليْسَتْ معقدة بشكل غير قابل للاختزال ولا تحتاج بالضرورة عدة أجزاء للعمل، لكن تبدو للوهلة الأولى أنَّ هناك طرقا لتجميعها خطوة بخطوة لك على أيّ حال ستظهر المشاكل عند الفحص الدقيق لها. فالانتقالات السلسة المفترضة يتبيّن أنها سريعة الزوال عندما تفحص بتمعّن، لذا على الرغم من أن بعض الأنظمة معقدة بشكل غير قابل للاختزال إلَّا أنَّ ذلك لا يعني بالضرورة أنَّها يمكن أن تتجمع بأسلوب دارويني، ومثلما يحاول جرذ الأرض أن يجتاز طرقًا سريعًا ذا ألف مسرب فإنه لا يوجد حاجز مطلق لتجميع بعض الأنظمة البيوكيميائية تدريجيا لكن فرص الإخفاق هي الساحقة.

---

[2] Schuylkill Expressway: طريق سريع من ٤ – ٨ مسارب بين مدينة مونتغومري ومدينة فيلادلفيا.

حجارة البناء

الجزيئات الكبيرةُ التي تعمل في الخلية –البروتينات والحموض النووية– هي بوليمرات[3]: أيْ أنَّها تتألفُ من وحدات منفصلة مرتبطة معًا في صف واحد. حجارة بناء البروتينات هي الحموض الأمينية أمَّا الحموض النووية فإنَّ حجارةَ بنائها هي النيوكليوتيدات. وهذا ما يشبه إلى حد كبير حبات الخرز (سناب – لوك)،[4] حيث يمكن أن تصطف الحموض الأمينية والنيوكليوتيدات لتعطي تنوعًا لامتناهيًا من الجزيئيات المختلفة لكن ما هو أصل الخرز؟ لقد صّنع الخرز في معامل ولم يعثر عليه في الغابة، صنّع المعملُ الخرزَ بأشكال محددة بحيث يكون الثقب الصغير في إحدى الطرفين بالحجم المناسب للنتوء الخارج من الطرف الثاني. إذا كان النتوء كبيرًا جدا فحبات الخرز لا يمكنها أن تترابط وإذا كانت الثقوب كبيرةً فإنَّ خيط الخرز سيسقط. اعتنى المُصنّع في قولبة الخرز بالشكل الصحيح واستخدام النوع الجيد من البلاستيك وكذلك الخلية تعتني للغاية بتصنيع حجارة بنائها أيضا.

يتألف الـ(DNA) –الحمض النووي الأكثر شهرة– من أربعة أنواع من النيوكليوتيدات: (A، C، G، وT).[1] في هذا الفصل سأتحدث عن اللبنة (A)، عندما لا ترتبط اللبنة ببوليمر من الممكن أنْ تكونَ بعدة أشكال يرمز لها بـ(AMP أو ADP أو ATP). الشكل الذي يصنّع أولا في الخلية هو الـAMP، وكما في خرزات (سناب – لوك) يجب أن يصنّع الـAMP بعناية. وتتألف معظم الجزيئات في المنظومات البيوكيميائية من أنواع مختلفة قليلة من الذرات والـAMP ليس مستثنًى من ذلك فهي مركبة من خمسة أنواع مختلفة: (١٠ ذرات كربون و١١ ذرة هيدروجين و٧ ذرات أوكسجين و٤ ذرات نتروجين وذرة فوسفور). لقد استخدمت التشبيه بخرز (سناب – لوك) لأبين كيف أنَّ الحموضَ الأمينيةَ والنيوكليوتيدات تحشد سويا في سلاسل طويلة. ولنفهم كيف يتمُّ اصطناع الـ(AMP) لنفكر بشيء كألعاب تينكرتويز.[5] بالنسبة للقراء الذين ليس لديهم علم بهذا النوع من الألعاب فهي تتألف من نوعين من القطع: عجلة خشبية بفتحات مثقوبة حول الإطار ووسط العجلة وعصًى خشبيةً لها نفس قطر الفتحات، ومن خلال دفع هذه العصي داخل الفتحات تستطيع أن تربط عدة عجلات فيما بينها. ومن خلال زيادة عدد العصي

---

[3] polymers.

[4] snap – lock beads: خرز لعب للأطفال ذات أشكال مختلفة تربط معاً للحصول على سلسلة.

[5] Tinkertoys.

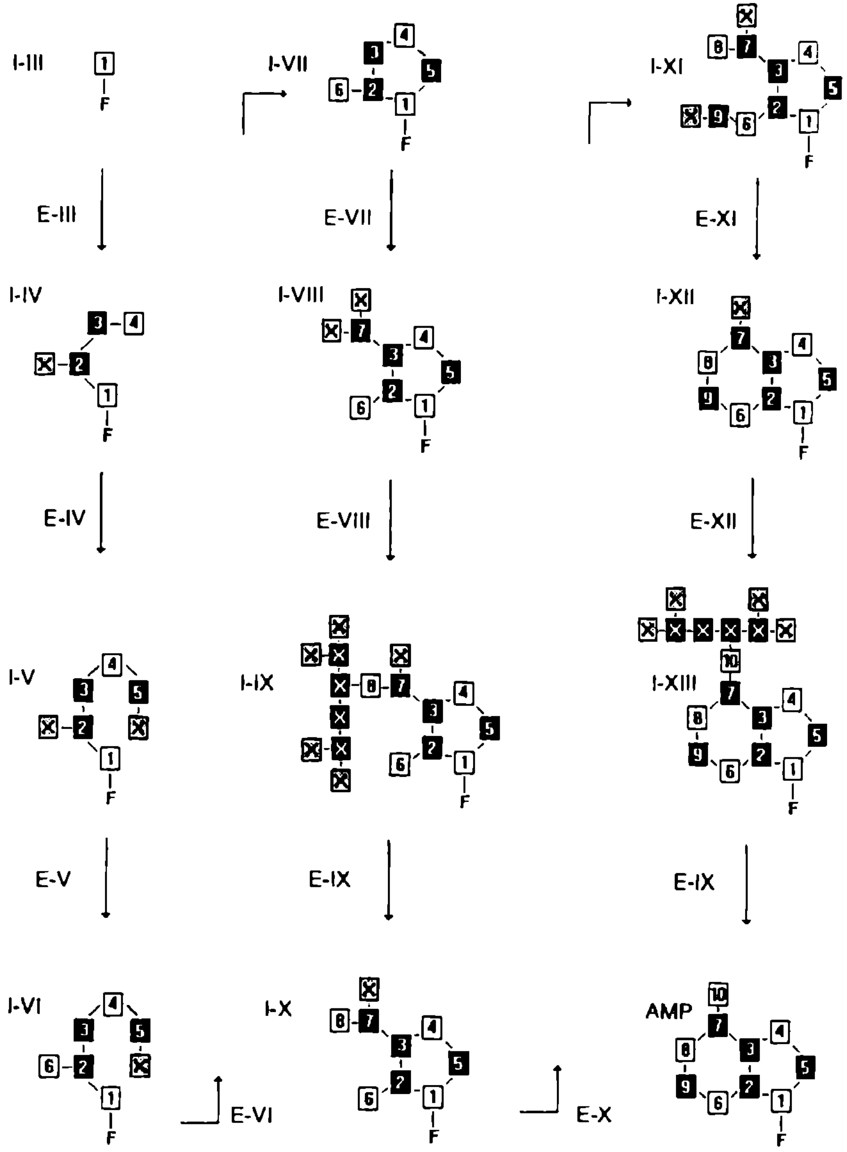
والعجلات بإمكانك بناء شبكة كاملة، فالبنى التي يمكن صنعها من هذين النوعين من القطع من القلاع والسيارات إلى بيوت الدمى والجسور لا يحدُّ منها سوى مخيّلتك. الذرات هي كأجزاء لعبة تينكرتوي فالذرات هي العجلات الخشبية والروابط الكيميائية المتشكّلة بين الذرات هي العصي، وكما في التينكرتوي يمكن للذرات أنْ تتجمّع لتكوّن أشكالا مختلفة كثيرة. لكنْ هناك اختلافٌ كبيرٌ فالخليةُ هي آلةٌ ولذلك آلية تجميع جزيئات الحياة لابُدَّ أنْ تكون أتوماتيكية. لنتخيل التعقيد في الآلة التي تستطيع أن تجمّع وبشكل تلقائي قطع لعبة تينكرتوي بنية لنقل قصرا، الآلية التي تستخدمها الخلية لتحضير الـ(AMP) هي أوتوماتيكية وكما هو متوقع فهي بعيدة عن البساطة.

تتواجد الذرات على الغالب في الجزيئات فهي ليست مبعثرة بشكل حرٍّ كما في قطع لعبة التينكرتوي. إذا لصياغة جزيء جديدٍ عليك أن تأخذ جزيئات قديمة وتجمع أجزاءً منها معا. هذا يشبه أن تنزع البرج من القصر الذي بنيته في اللعبة وتستخدمه كهيكل سيارة أو أن تأخذ المروحة من لعبة الطائرة لتستخدمه كعجلة سيارة إلخ. وبالمثل يكون بناء جزيئات جديدة عن طريق قطع من جزيئات قديمة. والجزيئات التي تستخدم لبناء الـ(AMP) لها أسماء كيميائية طويلة ومضجرة لن استخدمها في الوصف مالم يكن من الضروري ذلك وبدلا من ذلك سأكتفي بوصف الجزيئات بكلمات ومسميات لطيفة مثل (الوسيط الثالث) و(الإنزيم السابع).

يوضّح (الشكل 1-7) الجزيئات المستخدمة في الاصطناع خطوة بخطوة. من المحتمل أنْ يجد معظم القراء وصفي في الصفحات التالية أسهل للمتابعة من خلال الرجوع للشكل. لا تقلق فعلى الرغم من أنني لن أتكلم عن أي من المفاهيم المخصصة لفئة محددة. الفكرة هنا هي الإدراك الكامل لتعقيد النظام وأن نرى عدد الخطوات المستخدمة وملاحظة نوعية المكوّنات المتفاعلة. لا تحدث صياغة الجزيئات الحيوية بطريقة العقول المشوشة لـ(كالفن وهوبز)،[6] حيث إنّها تتطلب ربوتات دقيقة وعالية التعقيد لإتمام العمل لذا أشجعك على أن تتصفح القسمين التاليين وستندهش.

---

[6] Calvin and Hobbes: مسلسل كرتوني هزلي في المجلات المصورة.



(الشكل ٧-١): الاصطناع الحيوي للـ(AMP) يبدأ الشكلُ بالوسيط الثالث. (F) ترمز إلى الأساس -الريبوز٥ فوسفات- بينما المربعاتُ البيضُ هي ذرات نتروجين والسود هي ذرات كربون أمَّا الرمادية هي ذرات أوكسجين، ترقم الذرات بالترتيب الذي ترتبط فيه وترقم فقط الذرات التي ستصبح جزءا من المنتج الأخير بينما الذرات التي ترتبط لكنها تستبدل أو تزال فأشير إليها بالعلامة (X).

لتبني بيتا تحتاج إلى طاقة أحيانا تكون هذه الطاقة فقط في عضلات العمال وأحيانا أخرى في البنزين الذي يحرك الجرّافات أو الكهرباء التي تدير الحفّارات. تحتاج الخلية أيضا إلى طاقة لتركب الـ(AMP)، وتأتي هذه الطاقة في حزم منفصلة سأدعوها (بحبيبات الطاقة). تخيلها كألواح حلوى جزيئية والتي تمنح الطاقة للعضلات أو حاويات بنزين لتشغيل الآلات. هناك عدة أنواع مختلفة من حبيبات الطاقة وتتضمن الـ(ATP والـGTP). لا داعي للقلق لمعرفة شكل هذه الحبيبات أو كيف تعمل سأذكر ما يخص ذلك في الخطوات حيث نحتاج إليها.

لم توضّح الخطوتان الأوليان في اصطناع الـ(AMP) في (الشكل 1-7) فقد حدثت من وراء الستار. تماما كما أنَّ تعميرَ البناء يبدأ بأساساته كذلك الأمر في اصطناع الـ(AMP). الأساس عبارة عن جزيء معقد لن نناقش اصطناعه حيث يتألف من حلقة من الذرات -٤ ذرات كربون وذرة أوكسجين-، وترتبط ذرات الأكسجين بثلاث من ذرات الكربون في الحلقة. ويتصل الكربون الرابع بكربون آخر والذي يتصل به ذرة أكسجين ويتصل بها ذرة فوسفور ذات ثلاث ذرات وكسجين. في الخطوة الأولى من اصطناع الـAMP تنقل مجموعة تتألف من ذرتين فوسفور وستة ذرات أوكسجين بواسطة الإنزيم (I) -معا بالكامل- إلى إحدى ذرات الأكسجين في الأساس للحصول على الوسيط (II)، تتطلب هذه العملية حبيبة طاقة من الـ(ATP). يستخدم الجسد الوسيط (II) كنقطة بداية لبناء جزيئات مختلفة بما فيها الـAMP.

في الخطوة الثانية يأخذ الإنزيم (II) ذرة نتروجين من الحمض الأميني الغلوتامين ويضعها في حلقة كربون ليعطي الوسيط (III)، وفي نفس الخطوة تطرح مجموعة الفسفور/ أكسجين التي ارتبطت في الخطوة الأخيرة. هذه هي الفكرة من (الشكل 1-7)، ولتسهيل متابعة الشكل سيرمز للأساس بالحرف (F) لذا في هذه النقطة من الشكل (I) سنجد ذرة نتروجين متصلة بالحرف F.[2] ذرات النتروجين ملونة باللون الأبيض في الشكل أما الكربونات بالأسود والأوكسجينات بالرمادي. ورقّمت الذرات التي ستنتهي بالمنتج الأخير (AMP) تبعا لترتيب ارتباطها بينما الذرات التي لا تتواجد في الـ(AMP) أشير إليها بالرمز X.

وبتوجيه من الإنزيم (III) فإنَّ الحمضَ الأمينيَّ المسمى الجليسين Glycine -يتألف من ذرة نتروجين مرتبطة مع ذرة كربون، والتي ترتبط مع ذرة كربون أخرى متصلة بذرتي أوكسجين- ينزلق للداخل ويرتبط بالنتروجين في الوسيط (III) عبر إحدى ذرات الكربون فيه وهذه العملية

تستهلك حبيبة طاقة من الـ(ATP). في هذه العملية تمت إزالة إحدى ذرتي الأوكسجين المتصلتين بالأصل مع الكربون (#٢). وهنا يبدو الجزيء كأساس لديه ذيل يلوح في النسيم، سيبدو المركب النهائي (AMP) مختلفا جدا: زوج من الحلقات الثابتة المندمجة والمرتبطة مع الأساس لكي تصل حيث نحن الآن فإنه على الجزيء أنْ يحضرَ كيميائيا بالترتيب الصحيح.

في الخطوة التالية يلتصق جزيء من حمض الفورميك[7] –في الواقع عبر الأيون ذي الصلة وهي الفورمات– والذي يتألف من ذرتي أوكسجين متصلتين مع ذرة كربون بذرة النتروجين (#٤) من الوسيط (IV) ليتشكل الوسيط (V) تزال في هذه العملية إحدى أوكسجينات الفورمات، عموما الفورمات غير متفاعلة فربطها مع جزيئات أخرى أمر يحتاج لبعض التحضير. أكد أحد الكتب في الكيمياء الحيوية على هذه المسألة:

"الفورمات غيرُ متفاعلة تحت الظروف فيزيولوجية ولابُدَّ من تفعيلها لتعمل كعامل فعّال رابط للفورميل،[8] الأهمية الأساسية للـ(THF) هي الحفاظ على الفورمالديهايد والفورمات في حالات كيميائية مستقرة بحيث ألّا تكون متفاعلة جدا فتشكل تهديدات سامة للخلية لكن تكون متوفرة للعمليات الهامة عن طريق فعل إنزيمي نوعي".

الحمد لله، وكما يشير الاستشهاد السابق، الفورمات ليست طافية في الوسط ضمن المحلول. حيث ترتبط مع فيتامين يسمى (THF) وهو قريب لفيتامين (B) حمض الفوليك –لا تشغل فكرك الآن بكيفية صنع الفيتامين–. فعندما ترتبط بواسطة إنزيم بالفيتامين –بتفاعل يتطلب حبيبة طاقة من الـ(ATP)– تزداد سرعة الفورمات لتصبح جاهزة للعمل. على أي حال لن يرتبط معقد الفورمات (THF) مع الوسيط (IV) للحصول على الوسيط (V) مالم يوجهه بذلك الإنزيم (IV) وستطفو بعيدا في الخلية ما لم تتفاعل مع شيء آخر أو تتدرّك وهذا سيفسد عملية اصطناع الـAMP، لكن هذا لا يحدث لأنَّ الإنزيمَ يوجه التفاعل نحو المنتجات الصحيحة.

الخطوة التالية هي استبدال ذرة الأوكسجين المتصلة بالكربون (#٢) من الوسيط (V) بذرة نتروجين. يمكن أن يحصل هذا كيميائيا بتعريض الجزيء للأمونيا، لكن لا يمكنك أن ترمي الأمونيا في الخلية ببساطة لأنها ستتفاعل شئت أم أبيت مع عديد من الأشياء التي يفترض ألا

---

[7] formic acid.

[8] formylating agent.

تتفاعل معها، لذا فجزء من الحمض الأميني يستخدم ليتبرّع بذرة النتروجين المطلوبة. ينزلق الحمض الأميني الغلوتامين تحت أنظار الإنزيم (V) ليصل للوسيط (V) بحيث يكون نتروجين الحمض الأميني قريبا للأوكسجين الأول من الوسيط (V)، من خلال القدرة التحفيزية الفريدة التي تشتهر بها الإنزيمات يتحرر النتروجين من الحمض الأميني ويطرد الأوكسجين من الوسيط (V) ويأخذ النيتروجين مكانه للحصول على الوسيط (VI) وتستلزم هذه الخطوة حبيبة طاقة من ال(ATP).

حلقة حول الوردة

الخطوة التالية في بناء جزيء (AMP) تشبه الخطوة السابقة فنأخذ ذرة نتروجين مرة أخرى ونستخدمها لاستبدل ذرة أوكسجين ملتصقة بذرة كربون، وسنستخدم أيضا حبيبة طاقة (ATP) للقيام بهذه الخطوة ولن نجلب في هذه المرة النتروجين من الخارج بل سنستعمل بدلا من ذلك النتروجين رقم واحد الموجود في الجزيء الذي نعمل عليه، فقد جاء الآن دور النتروجين الأول الذي وضع على الجزيء الأساسي بداية –وهو الذي طرد مجموعة الفوسفور أو الأكسجين قبل عدة خطوات سابقة في التصنيع– فيأخذ مكان ذرة الأوكسجين الموجودة في نهاية السلسلة وبخلاف ذرة النتروجين التي جاءت من الحمض الأميني في الخطوة السابقة لا يكسر هذا النتروجين أيّة روابط مع بقية الذرات بل يصنع رابطا جديدا كما نشاهد في الجزيء الوسيط السابع، وما يلفت النظر في الترتيب الجديد أنَّهُ قد أحدث حلقة من الذرات تحوي خمسة أعضاء مع تفرع مجموعتين وظيفتين عنها، المجموعة الأولى هي النتروجين السادس الذي وضع في الخطوة الأخيرة والمجموعة الثانية هي الجزيء الأساسي.

عندما تخض زجاجة مياه غازية وتفتح الغطاء سيصيبك رذاذ السائل الذي أخذ قوةَ اندفاعه من غاز ثاني الكربون الذائب في السائل يذوب بعض غاز ثاني أوكسيد الكربون في السائل الخلوي –رغم أن الحيوان لا يفور عندما يتعرض للاهتزاز– ويمكن أن يستعمل هذا الغاز في التفاعلات الكيميائية الحيوية وهذا أمر حسن لأن الخطوة التالية من تصنيع (AMP) تحتاج غاز ثاني أوكسيد الكربون ويوضع الغاز في التفاعل –بالواقع نظيره المرتبط بالماء أي البيكربونات– عبر الإنزيم السابع على الكربون[٣] لصنع المادة الوسيطة الثامنة وتستهلك في هذه المرحلة حبيبة طاقة (ATP).[٤]

والآن جاء دور إضافة جزيئة نشادر أخرى وتستهلك حبيبة طاقة (ATP) في هذه المرحلة، وكالمرة السابقة التي تم فيها إضافة النشادر لن نجده طافيا حرا في المحلول بل سيتبرع به حمض أميني ولكنه هذه المرة حمض الأسبارتيك، وفي اختلاف آخر لا تغادر ذرة النتروجين الحمض الأميني عندما تتفاعل مع الجزيء الوسيط الثامن فنحصل على النتروجين المطلوب وتبقى سلسلة ذرات زائدة قبيحة ملتصقة بالجزيء الوسيط التاسع فيقوم الإنزيم التاسع بإزالة القسم غير المرغوب به فيقصه ويرميه بعيدا.

وينتج عن العملية السابقة الجزيء الوسيط العاشر وهو جزيء نصف مبنيّ، ويضاف جزيء فورمات مفعل آخر –مرتبط بفيتامين أيضا– إلى ذرة النتروجين السادسة من الجزيء الوسيط العاشر لنحصل على الجزيء الوسيط الحادي عشر وفي الخطوة التالية يقوم الإنزيم الحادي عشر بتوجيه ذرة النتروجين الثامنة لإزاحة ذرة الأوكسجين من الفورمات التي ارتبطت مؤخرا ولتصنع رابطا مع الكربون التاسع مما يعطينا الجزيء المتوسط الثاني عشر. ولأنَّ ذرةَ النتروجين المتفاعلة لا تترك أيًّا من روابطها مع الكربون الذي كانت متصلة به من قبل ينتج هذا التفاعل حلقة وتكون الحلقتين الملتحمتين في الجزيء المتوسط الثاني عشر غير مرنتين كسلاسل الذرات التي وجدت قبل التشكيل الحلقي، ويشبه تشكيل الحلقة السداسية في هذه المرحلة تشكيل الحلقة الخماسية قبل عدة مراحل، وتفاعل الفورمات في الخطوة الأخيرة يشبه كيميائيا إضافة الفورمات السابقة. ولكن رغم التشابه الظاهري للمجموعتين من الخطوات فإنَّهما يتحفزان عبر مجموعتين مختلفتين من الإنزيمات وهذا حتمي بسبب تغير شكل الجزيء خلال عملية التصنيع والإنزيمات تكون حساسة غالبا لتغير الأشكال.

إنَّ الجزيء المتوسط الثاني عشر عبارة عن نوكليوتيد ويسمى (IMP) ويستعمل في بعض الجزيئات الحيوية –على سبيل المثال يحوي نوع خاص من (RNA) الذي يساعد في صنع البروتينات قليل من (IMP)– وللحصول على AMP انطلاقا من (IMP) يلزم خطوتين مختلفتين تم توضيحهما في (الشكل ٧-١) وهي خطوة تشبه ما مر سابقا. يلصق الإنزيم الثاني عشر جزيئا من الحمض الأميني حمض الأسبارتيك إلى الحلقة السداسية طاردا ذرة أوكسجين مع وضع ذرة نتروجين من الجزيء الجديد فنحصل على الجزيء المتوسط الثالث عشر ويستهلك هذا التفاعل حبيبة طاقة ولكنه لا يستعمل (ATP) لأسباب سنتحدث عنها لاحقا بل يستعمل عوضا عنها (GTP) ويبقى هنا أيضا كما في اتصال حمض الأسبارتي في المرة السابقة زائدة

فرعية بشعة، فيأتي الإنزيم التاسع مرة أخرى -الأنزيم الوحيد الذي يستخدم مرتين في هذه السلسلة من العمليات- ليقطع الطرف غير الضروري ويترك لنا ذرة النتروجين المطلوبة. وأخيرا صار لدينا جزيء (AMP) أحد لبنات البناء للحموض النووية.

بيت القصيد

قد نكون فقدنا انتباهَ معظم القراء بعد هذه المتاهة، ولذلك سنقدم حسابًا ختاميًّا ونلخص التصنيع الحيوي لجزيء(AMP)، تشمل عملية التصنيع ثلاث عشرة خطوة يشارك فيها اثنا عشر إنزيمًا فأحدها وهو الإنزيم التاسع يحفز خطوتي تصنيع، بالإضافة للجزيء الأساسي وهو سكر (الريبوز ٥ فوسفات) تحتاج عملية التصنيع إلى خمس جزيئات (ATP) لتقدم الطاقة اللازمة للتفاعلات الكيميائية في المراحل المختلفة وإلى جزيء (GTP) وإلى جزيء ثاني أوكسيد الكربون وإلى جزئين من الغلوتامين لتقديم ذرتي نتروجين في مرحلتين مختلفتين وإلى جزيء غليسين ومجموعتي فورميل من مركب (THF) في مرحلتين أخرتين، وبالإضافة لذلك نحتاج إلى إزالة بقايا جزيئي حمض الأسبارتيك في مرحلتين منفصلتين وفي مرحلتين منفصلتين أخريين يتم تفاعل ذاتي بين أجزاء من الجزيء المتطور لإغلاق الحلقات، وكل هذه الخطوات الثلاث عشرة تحدث لإنتاج جزيء من نوع واحد.

وكل الجزئيات الطلائعية في هذا الطريق من التصنيع الحيوي —من الجزيء الثالث إلى الجزيء الحادي عشر- ليس لها أيُّ دور مستقل فهي لا تستخدم إلا لصناعة(AMP أو GMP).

يقال إنَّ كل الطرق تؤدي إلى روما، وهكذا لدينا طرق كثيرة لتصنيع (AMP) وقد أورد كتاب مخصص للكيميائيين أحتفظ به في مكتبتي ثمانية طرق مختلفة لصنع الأدنين -وهو الجزء الأهم من (AMP) بعد الجزيء الأساسي-[٥] وبقية الجزيء يمكن تركيبه بطرق مختلفة أيضا. ولكن الكيميائيين الذين يريدون تصنيع الأدنين سيستخدمون طرقا مختلفة تماما عن التي تستخدمها الخلايا، فطرق التصنيع هذه تشمل تفاعلات تتم في أوساط زيتية سائلة مفرطة الحموضة وهي شروط كافية لتخريب أيّ كائن حي معروف.

اكتشف العلماء المهتمون بأصل الحياة في بداية الستينيات طريقة مهمة لصنع الأدنين[٦] فقد رأوا أنَّ جزيئات بسيطة كسيانيد الهيدروجين والنشادر —واعتقد أنها كانت متوفرة بكثرة في

الأيام الأولى للأرض– ستشكل الأدنين ضمن الشروط المناسبة، وفتَنَتْ سهولةُ هذا التفاعل (ستانلي ميلر) حتى سماها (حجر إيمان) الباحثين في أصل الحياة،[٧] . إلا أن هناك مشكلة تضطرب في خلفية الموضوع، فسيانيد الهيدروجين والنشادر لا تستخدم في الاصطناع الحيوي لجزيء(AMP)، وحتى إنْ وجدا في الأرض القديمة وكان لهما علاقة بأصل الحياة –وهو أمر تحيط به العقبات لأسباب عدة– فإن تصنيع الأدنين في وعاء كيميائي من جزيئات بسيطة لا يقدم لنا أيَّةَ معلومات عن تصنيع هذا الجزيء أول مرة في الخلية.

أعجبت سهولة تصنيع الأدنين من جزيئات بسيطة ستانلي ملير، ولكن الخلية تكشف لنا أنَّها لا تقبل التصنيع البسيط. ففي الحقيقة لو قمنا بتذويبٌ المركبات اللازمة في الماء – وسنستعمل الأسماء الرسمية– (ريبوز ٥ فوسفات وغلوتامين وحمض الأسبارتي وغليسين، ن١٠ فورميل رباعي هيدرو فولات (THF) وثاني أوكسيد الكربون وحبيبات طاقة من (ATP وGTP) — وكلها هي الجزيئات نفسها التي تستخدمها الخلية لبناء AMP– وتركناها تستقر لفترة طويلة – ألف أو مليون عام– فلن نحصل على أيِّ جزيء AMP،[٨] . فلو أن ستانلي ملير مزج هذه المكونات الكيميائية متأملا الحصول على حجر إيمان آخر سيصاب بخيبة أمل كبيرة.

لا يلزمنا إلا الأحذية لنصل إلى روما منطلقين من مدينة ميلان في إيطاليا، ولكننا سنحتاج إلى أكثر من مجرد أحذية للوصول إلى روما من جزيرة صقلية إذ لا بد من استعمال قارب، وللوصول إلى روما من كوكب المريخ سنحتاج إلى أدوات عالية التقنية جدا، فصنع جزيء (AMP) من المواد التي تستعملها الخلية نحتاج إلى أدوات عالية التقنية: الإنزيمات التي تحفز التفاعلات في طريق الاصطناع ضمن الخلية. ففي غياب الإنزيمات بكل بساطة لن تحدث التفاعلات التي وضحناها في (الشكل ٧–١). النقطة التي ننبه عليها أنَّه حتى لو أمكننا صنع الأدنين أو (AMP) عبر طرق بسيطة فإن هذه الطرق البسيطة ليست سلفا للطريق البيولوجي المستخدم لتصنيع (AMP) إلا بقدر ما تكون الأحذية سلفا للسفن الفضائية.

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$$

ولننظر في الطريق الاستقلابي حيث يتحول المركب (A) إلى (D) عبر جزيئين وسيطين (B) و (C) هل يمكن لهذا السبيل أن يتطور بالتدريج؟ هذا يعتمد على شيء إنْ كان (A و B و C) مركبات مفيدة للخلية وإنْ لم تكنْ المركبات (A و B) وحتى (D) ضرورية منذ البداية فالتطور

البطيء قد يكون ممكنا، وبناء على هذه الرؤية يمكننا تصور خلية تنتج بعفوية المركب (A) ثم بدأت تتطفر ببطء حتى تنتج لاحقا مركب B عفويا. وإنْ لم يحدثْ للخلية ضرر يمكن بمرور الوقت أن تجد الخلية وظيفة ما للمركب (B)، ثم قد يتكرر الأمر وتسبب طفرة عشوائية أخرى للخلية إيجاد بعض جزيئات(C) من المركب (B) ثم يتم إيجاد وظيفة ما للمركب (C) وهكذا.

ولنفترض أنَّ (D) كان ضروريًّا منذ البداية فمركب (AMP) ضروريًّا للحياة على الأرض: إذ يستخدم لصنع الحموض النووية (DNA و RNA) وعدد من الجزيئات الضرورية جدا، قد توجد طريقة ما لإنشاء نظام حي لا يحتاج (AMP)، ولكن لا يملك أحدٌ دليلا على كيفية إيجاد نظام حي دون وجود (AMP)، إنْ وجد هذا النظامُ الحي أصلا فالمشكلة بالنسبة للتطور الداروني هي ما يلي: إنْ كان المركب النهائي لطريق تصنيع حيوي معقد يستخدم في الخلية فكيف يمكن لطريق التصنيع هذا أن يتطور تدريجيًّا عبر مراحل، وإنْ كانت المركبات (A و B و C) ليس لها أيَّةُ فائدة إلا كطلائع للمركب (D) فما هي الفائدة التي تجنيها الخلية من صنع المركب (A) فقط؟ أو ما فائدة صنع (A) حتى تصنع (B)؟ إنْ كان ما تحتاج الخلية حقيقة هو مركب AMP فماذا يفيدها أن تصنع فقط مركبات وسيطة كالمركب الثالث والرابع والخامس؟ ومن الجهة الأخرى نجد أن الجزيئات الوسطية غير المفيدة تشكل تحديات كبيرة للرواية الداروِنية للتطور وهذا مؤكد بدرجة كبيرة لمركب مثل AMP لأنَّ الخليةَ لا تملك خيارات فمركب (AMP) ضروري للحياة، إمّا أن تحصل الخلية مباشرة عليه عبر إنتاجه وإما تأخذه من الوسط الخارجي وإلا ستموت الخلية.

بعض الكتبَ المدرسية ذكرتْ هذه المعضلةَ، وعبر عن التفسير التقليدي (توماس كريغتون Thomas Creighton) باختصار: "كيف يمكن للتعقيدات الكيميائية الحيوية للطرق الاستقلابية أن تتطور؟ في حالة طرق التصنيع الحيوي التي تنتج لبنات البناء من الأحماض الأمينية والنكليوتديات والسكاكر وغيرها من المحتمل أنَّ هذه المكوناتِ كانت موجودة في الحساء البدئي، واستخدمت مباشرة ومع زيادة عدد الكائنات أصبحت هذه المركبات قليلة وأيّ كائن أمكنه أن ينتجها من مركبات غير مستخدمة في الحساء البدئي عبر إنزيم طوره حديثا سيملك ميزة اصطفائية، وعندما يصبح توفر هذا المكون مقيدا لوجود الحياة سيتم اصطفاء الكائنات التي يمكنها أنْ تنتجه من مكونات أخرى في الحساء البدئي، ووفق هذه الرؤية فإن إنزيمات الطرق الاستقلابية قد تطورت في تسلسل معاكس لما نراه في طريق التصنيع الحالي".[٩]

فما يقوله كريغتون ببساطة هو أنَّنا إنْ وجدنا طريق تفاعل في كائن حي معاصر يسير(A ← B ← C ← D) فإنَّ (D) كان متوفرًا في الحساء البدئي –أيْ صنع عبر طلائع كيميائية بسيطة دون استفادة من الإنزيمات، ومع تناقص الكميات المتوفرة من (D) ستتعلم بعض الكائنات تصنيع D انطلاقا من C ومع نفاد كميات مركب C بدأت تتعلم تصنيع C من المركب B وعندما تحدث مجاعة أخرى ستتعلم تصنيع B من المركب A وهكذا. وهي الخطة نفسها التي يصفها كتاب (البيولوجيا الجزيئية للخلية Molecular Biology of the Cell) وهو كتاب متداول جدا كتبه (جيمس واطسن) الحائز على جائزة نوبل مع (بروس ألبرتس) رئيس الأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم وعدد من الكتاب المساعدين الآخرين. ففي حاشية أحد الأشكال التوضيحية يحدثنا الكتاب عن الخلية البدائية بأن الحساء الأولي: "يوفر لها مؤنة من المواد ذات الصلة (A,B,C,D) التي تم إنتاجها بتصنيع ما قبل حيوي، وأحد المركبات D له فائدة استقلابية وبعد استهلاك الخلية لما يتوفر من D تحدث ميزة اصطفائية ناتجة عن تطور الخلية لإنزيم جديد قادر على إنتاج D من مركب قريب وهو C".[١٠]

نعم يوافق الجميع على مسألة أنه إذا نفد من عندك المركب D يجب عليك صنعه من C، وبالطبع إنه لأمر سهل أن تحول B إلى C، بكل الأحوال نجدها متجاورة في الترتيب الأبجدي (B – C)، ومن أين نحصل على (A و B) والبقية؟ لا شك أنَّنا نحصل عليها من حساء الحروف الألفبائية البدئي.

وحقيقة لم يضعْ أحدٌ أسماءً كيميائية حقيقيةً مطلقًا بجانب هذه الحروف الأسطورية في قصة (A→B→C→D). ففي الكتب المدرسية التي ذكرناها أعلاه لم يتم التوسع في التفسيرات على الرسم الكرتوني أبعد من الحروف الأبجدية رغم أنَّ هذه الكتب موجهة لتدريس طلاب دكتوراه يمكنهم استيعاب تفسيرات أكثر عمقا، ليس صعبا بالتأكيد تخيل بعض مركبات (C) تسبح في حساء بدئي ويمكن بسهولة تحويلها إلى (D). يتخيل (كالفن وهوبز) هذا دون أيّة مشكلة ولكن سيكون أصعب علينا بكثير الاعتقاد بوجود الكثير من مركب (أدنيلو سيكسينات adenylosuccinate) أو المركب الوسيطي الثالث عشر ليتم تحويله إلى (AMP) والأكثر صعوبة الاعتقاد بوجود مركب كاربوكسي أمينو إيميدازول ريبوتيد –المركب الوسيط الثامن– ينتظر دوره حتى يتمَّ تحويلُهُ إلى (٥–أمينوإيميدازول–٤–،ن–سوكسينيلوكاربوكساميد، ريبوتايد 5-aminoimidazole-4-(N-succinylocarboxamide) ribotide أو المركب

الوسيط التاسع). وهذا صعب التصديق لأننا عندما نضع أسماء حقيقية للمركبات الكيميائية فعلينا عندئذ أن نقدم وصفا لتفاعلات كيميائية حقيقية يمكنها صناعة هذه المركبات ولم يقم أحد بهذا الأمر.

إنَّ المشكلات حول نظرية (A→B→C→D) هائلة وسننظر في أهمها. أولا لم تعط تجارب الاصطناع ما قبل الحيوي أيَّ من المركبات الوسيطة اللازمة للاصطناع الحيوي لمركب (AMP) باستثناء المركب الوسيط العاشر،[11] ورغم أنَّ الأدنين يمكن صنعه بتفاعل النشادر مع سيانيد الهيدروجين إلَّا أنَّه لا يمكن صنع الطلائع الكيميائية الحيوية للأدنين من النشادر وسيانيد الهيدروجين. ثانيا هنالك أسباب كيميائية قوية للاعتقاد بأنَّ المركبات الوسيطة في طريق التصنيع الكيميائي الحيوي لا يمكن صنعها إلّا بإشراف دقيق من الإنزيمات، على سبيل المثال إنْ لم توجدْ الإنزيمات المناسبة لتوجيه التفاعل إلى المركب الوسيط الخامس والوسيط الحادي عشر فإنَّ الفورمات ستتفاعل على الأرجح بطريق غير مفيدة بدل الطرق المطلوبة لصنع مركب (AMP). ولنلاحظ أنَّ الإنزيمات هذه يجب أن توجد قبل تطور إنزيمات للخطوات اللاحقة وإلَّا فإن هذه الإنزيمات لن تجد ما تعمل عليه، وهنالك أمر آخر يتعلق بالخطوات المستهلكة لحبيبات الطاقة يجب أن توجه بشكل دقيق حتى لا يتم تبديد الطاقة في عمل لا نفع منه، على سبيل المثال يمكن لطاقة البنزين أن تحرك السيارة لأنَّهُ يسير في قنوات بطريقة صحيحة عبر آلة معقدة ولكن حرق البنزين تحت السيارة لا يجعلها تتحرك مطلقا. وما لم يوجد إنزيم يوجه استعمال حبيبات الطاقة (ATP) فإن الطاقة ستبدد. لنلاحظ مرة أخرى أنَّ هذه الإنزيمات اللازمة لتوجيه استعمال حبيبات الطاقة يجب أن تكون موجودة قبل أن يملك الكائن الحي المادة الكيميائية التي ستصطنع في الخطوة التالية من طريق الاصطناع الحيوي.

المشكلة الثالثة في قصة (A→B→C→D) هي أن بعض المركبات الوسيطة في طريق الاصطناع مركبات غير مستقرة كيميائيا، وهكذا فلو فرضنا رغم الصعوبات الجمة أنَّها صنعت بتفاعل قبل حيوي غير موجه فإنَّها إمّا أنْ تتفكك بسرعة أو تتفاعل بطريقة خاطئة بسرعة، ومرة أخرى لن تكونَ متوفرةً لإتمام طريق الاصطناع وهنالك أسباب أخرى لرفض رواية(A→B→C→D) ولكن ما أوردناه كاف.

الحاضر والماضي

قرأ المؤلفُ قبل سنوات كتاب (إغلاق العقل الأمريكي The Closing of the American Mind) لمُصنّفه (آلان بلوم)، وقد ذهل بالادّعاء الذي طرحه المؤلف بأن كثيرا من الأفكار الأمريكية الحديثة لها جذور في فلسفات أوروبية قديمة. وتفاجأ بالأخص أنَّ أغنية (ماك السكين) كانت ترجمة لأغنية ألمانية بنفس العنوان استلهمت مما ذكره نيتشة عن (متعة السكين) في كتابه (هكذا تكلم زرادشت Thus Spake Zarathrusta) [١٢] . معظمنا يحب أن يعتقد أن أفكاره خاصة به أوْ على الأقل أنّها اقترحت من شخص آخر، ولكن وافقنا عليها بعد مراجعة واعية ورضا. ومن المحبط أنْ نعتقد كما ثبت في زمن الانفتاح أنَّ كثيرًا من أفكارنا الهامة حول كيفية سير الأمور في العالم كانت ببساطة التقاط غير واع من الوسط الثقافي الذي نجد أنفسنا فيه.

ثانيا: هناك أسبابٌ كيميائيةٌ تجعلنا نفكر بأنَّ المركبات الوسيطة في السبل البيوكيميائية لا يمكن صنعها بدون توجيه الإنزيمات الدقيق. على سبيل المثال إذا لم توجد الإنزيمات المناسبة لتوجيه التفاعل نحو المركبات الوسيطة (٥ و١١) فإنَّ الفورمات ستتفاعل بطرق غير منتجة بشكل أكبر من تفاعلها في الطرق المنتجة للأدينوزين أحادي الفوسفات (AMP). لاحظ أنَّ هذه الإنزيمات يجبُ أنْ تكونَ موجودةً قبل وجود إنزيمات المراحل التالية وإلَّا فإنَّ الإنزيمات التالية لن يكون لديها ما تعمل عليه، أيضا فإنَّ الخطوات التي تستلزم طاقة يجب أنْ تكونَ موجهةً بدقة بحيث لا تبذر الطاقة في فعل شيء غير مفيد. على سبيل المثال طاقة البنزين يمكنها أنْ تجعل سيارة تتحرك لأنَّها موضوعةٌ في الطريق الصحيح عبر آلة معقدة فإحراق البنزين في حوض تحت السيارة لن يجعلها تتحرك أبدا. إذا لم يكن هناك إنزيم يوجه استخدام طاقة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) فإن الطاقة سيتم تبذيرها. لاحظ مرة أخرى أن هذه الإنزيمات اللازمة لتوجيه هذه الخطوات يجب أن تكون موجودة في المتعضي قبل أن تمتلك المتعضية المواد الكيميائية التي تصنع بالخطوة التالية من سبيل الاصطناع .

مشكلة ثالثة مع قصة (أ←ب←ج←د) هو أنَّ بعض المركبات الوسيطة في سبيل الاصطناع غير مستقرة كيميائيًّا وهكذا فحتى لو حصل وتشكلت في تفاعلات قبل إحيائية غير موجهة فإنَّها ستتحطم فورًا أوْ أنَّها ستتفاعل بسرعة بالطريقة الخاطئة ومجددًا فإنَّها لن تكون موجودة لإكمال سبيل الاصطناع. أسباب أخرى يمكن أن نقدمها ضد قصة أ←ب←ج←د ولكن هذا يكفي.

آنذاك والآن

قبل عدة سنوات قرأتُ خاتمةَ كتاب (العقل الأمريكي) لـ(آلان بلوم) وقد ذهلت بادعائه أنَّ العديدَ من الأفكار الأمريكية لها جذور في الفلسفات الأوروبية القديمة، بالتحديد فقد تفاجأت بأنَّ أغنية (Mack the Knife) كانت ترجمة للأغنية الألمانية (Mackie Messer) والتي تتبع بلوم أصلها إلى (joy of the knife) متعة المجرم بالسكين التي وصفها نيتشه في (Thus Spake Zarathrusta هكذا تكلم زراديشت). [١٢] معظمنا يحب أنْ يعتقد أنَّ أفكارنا هي ملكنا أو أنَّها قدمت لنا من قبل أحد آخر ولكننا لم نوافق عليها إلا بعد مراجعة واعية ومصادقة، ومن المثير للأعصاب كما شدد بلوم أنَّ العديدَ من لأفكارنا المهمة عن طريقة عمل العالم هي ببساطة مختارة بشكل غير فعال من وسط اجتماعي وجدنا أنفسنا فيه.

قصة (أ←ب←ج←د) هي فكرة قديمة مررت بشكل طائش فقد طرحت لأول مرة عام ١٩٤٥م على يد (N. H. Horowitz) في افتتاح الأكاديمية الوطنية للعلوم فـ(هورويتز) يرى المشكلة بالشكل التالي:

"بما أن الانتخاب الطبيعي لا يمكنه الحفظ على الصفات غير الوظيفية فإنَّ الدلالة الأوضح للحقائق ستبدو على أن تطورا تدريجيا للاصطناع الحيوي باختيار طفرة واحدة لجينة كل مرة هو أمر مستحيل". [١٣]

ولكن هناك أمل:

"في الأساس تطرح الفرضية أن تطور الاصطناعات الأساسية تم بطريقة تدريجية متضمنا طفرة واحدة كل مرة، ولكن ترتيب تحقيق الخطوات المفردة كان في عكس سبيل الاصطناع يعني أن آخر خطوة في سلسلة الاصطناع كانت الأولى في مسار التطور ثم الخطوة ما قبل الأخيرة وهكذا. هذه العملية تتطلب لعملها بيئة كيميائية خاصة وهي بيئة تحوي المنتجات النهائية والمواد الوسطية المهمة وتؤجل السؤال عن نشأة مثل هكذا بيئة. خذ بعين الاعتبار العملية الحاصلة في الآلية المطروحة فالأجناس في بداية نشأتها من المفترض أنَّها بحاجة لجزيء عضوي أساسي وليكن (د) وكنتيجة للنشاط الكيميائي الحيوي فإن كمية (د) المتوفرة تستنفذ حتى نقطة حيث تحد نمو الأجناس وفي هذه النقطة تدعم بأفضلية اصطفاء طبيعي عبر الطفرات التي تصبح قادرة على القيام بالتفاعل (ب+ج = د) ومع الوقت يصبح (ب) محددا للجنس محتما تصنيعه من مواد أخرى". [١٤]

ها هو مصدر تفسير تطور السبل الكيميائية الحيوية المعطى حسب الكتب العلمية الحديثة ولكن كيف كانت حالة العلم في أيام هورويتز؟ في عام ١٩٤٥م عندما ظهرت مقالته لقد كانت طبيعة الجينات غير معروفة على أنها بنية مؤلفة من الحمض النووي والبروتينات، ولم تكن قد أجريت أيّة تجربة علمية لمعرفة إمكانية النوع الخاص من البيئة الكيميائية التي افترضها هورويتز. في السنوات التي تلت تطورت الكيمياء الحيوية بشكل هائل ولكن ذلك لم يدعم افتراضه. بنى الجينات والبروتينات معروفة بكونها أكثر تعقيدا مما اعتقد في أيام هورويتز. هناك أسباب كيميائية للاعتقاد بأن المواد الوسيطة في تركيب الأدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) لن تكون موجودة خارج خلية حية ولم تظهر أيّةُ تجربة خلاف ذلك. الفترة التي أجل فيها هورويتز السؤال عن كيفية نشأة هكذا بيئة قد امتدت الآن لما يقارب ٥٠ سنة. وعلى الرغم من كل العقبات التي تواجهها فإن القصة القديمة ما زالت تعاد في الكتب العلمية كما لو أنها واضحة وضوح الأنف في الوجه، والتطور على مدى خمسة عقود لم يستطع أن يظهر خللا في الحكمة المستقاة وعند قراءة النصوص الحديثة فكما لو أنك تسمع اللحن المرافق لـ (Mack the Knife).

على الرغم من أنَّ الكتب العلمية تحمل الفكرة المعيارية فإنَّ بعضَ الناس لا يرتاحون لها (Nobel laureate Christian de Duve) في كتابه (Blueprint for a Cell برنامج عمل الخلية) يعبر عن الشك في أهمية سبيل سيانيد الهيدروجين / أمونيا. في المقابل فهو يطرح أن الأدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) ظهر من طرق استقلاب أولية حيث كانت العديد من البروتينات الصغيرة قادرة على صنع الكثير من المواد الكيميائية المختلفة والتي كان بعضها مواد وسطية في سبيل الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP. ليوضح نظريته فإنه يعرض شكلا حيث تتجه الأسهم فيه من اصطناع لا حيوي إلى الأحرف (أ،ب،ج،د) ولكنه يبتكر ويجعل أسهما تشير من (أ،ب،ج،د) إلى (م،ن،هـ،و،ي) ومنها إلى (ذ،ر،ز،س،ش) وبجانب كل واحد من الأسهم كتب Cat كاختصار لـ(catalyst حافز) ليظهر كيف نشأت هذه الحروف، ولكن ليس هناك تفسير: فالدليل الوحيد على مخططه هو الشكل ولا يذكر هو أو أي باحث آخر أسماء مواد كيميائية حقيقية بجانب الحروف الملفقة.

العاملون في مجال أصل الحياة لا يوضحون أبدًا المواد الوسيطة الداخلة في اصطناع الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP والتي لا توجد ولا يمكن أن تكون وجدت في حساء ما قبل حيوي تاركا الإنزيمات كخيار وحيد لتحويل المواد الوسيطة، ليس هناك دليل على أن الحروف موجودة في أي مكان خارج عقل دوف.

هناك عالم متململ آخر هو (ستيوارت كوفمان) من معهد سانتافي. والذي يجعله التعقيد الموجود في استقلاب العضيات الحية يشك في أن مقاربة (خطوة فخطوة) قد تعمل:

في سبيل العمل بكل معنى العمل فإن الاستقلاب يجب أنْ يكونَ على الأقل سلسلة متصلة من التحولات المحفزة المؤدية من الطعام إلى المنتج المطلوب، وبشكل مضاد كيف كان لوجود حي أن يطور سبلا استقلابية متصلة دون وجود الشبكة المتصلة التي تحافظ على تدفق الطاقة والمنتجات؟ [١٥]

للجواب على هذا السؤال فإنه يعرض في تعابير رياضية شيئا مشابها لما عبث به دي دوف، وهو مزيج معقد يصدف فيه أن بعض المواد الكيميائية تتحول إلى مواد مواد أخرى وتستمر بالتحول وبطريقة ما يشكل هذا شبكة قائمة بذاتها.

ومن الواضح من كتاباته أن كوفمان رجل ذكي جدا ولكن صلة رياضياته بالكيمياء واهية في أحسن الأحوال. يناقش كوفمان أفكاره في فصل بعنوان (أصل الاستقلاب المترابط). ولكن إذا ما قرأنا الفصل من البداية إلى النهاية فإننا لن نجد اسم مادة كيميائية واحدة ليس هناك أدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) وليس هناك حمض الأسبارتيك ولا شيء. وفي الواقع لو تفحصت كل دليل مقاطع الكتاب فلن تجد اسم مادة كيميائية واحدة أيضا. (جون ماينارد سميث) وهو معلم كوفمان العجوز اتهمه بأنه يمارس العلم الخالي من الحقائق [١٦]، وهو اتهام قاس ولكن عدم وجود تفصيلات المواد الكيميائية في كتابه يثبت هذا النقد.

كوفمان ودي دوف يحددان مشكلة حقيقية في التطور التدريجي، ولكن الحلول التي يطرحانها هي تعديلات على فكرة هورويتز القديمة. فبدل (أ←ب←ج←د) فإنهم طرحوا (أ←ب←ج←د ضرب ١٠٠). وأسوأ من هذا أنه مع ازدياد عدد الأحرف الخيالية فإن الميل إلى الابتعاد عن الكيمياء الحقيقية والوقوع في مصيدة الرياضيات يصبح أكبر.

أكثر مما ينبغي ليكون شيئا جيدا

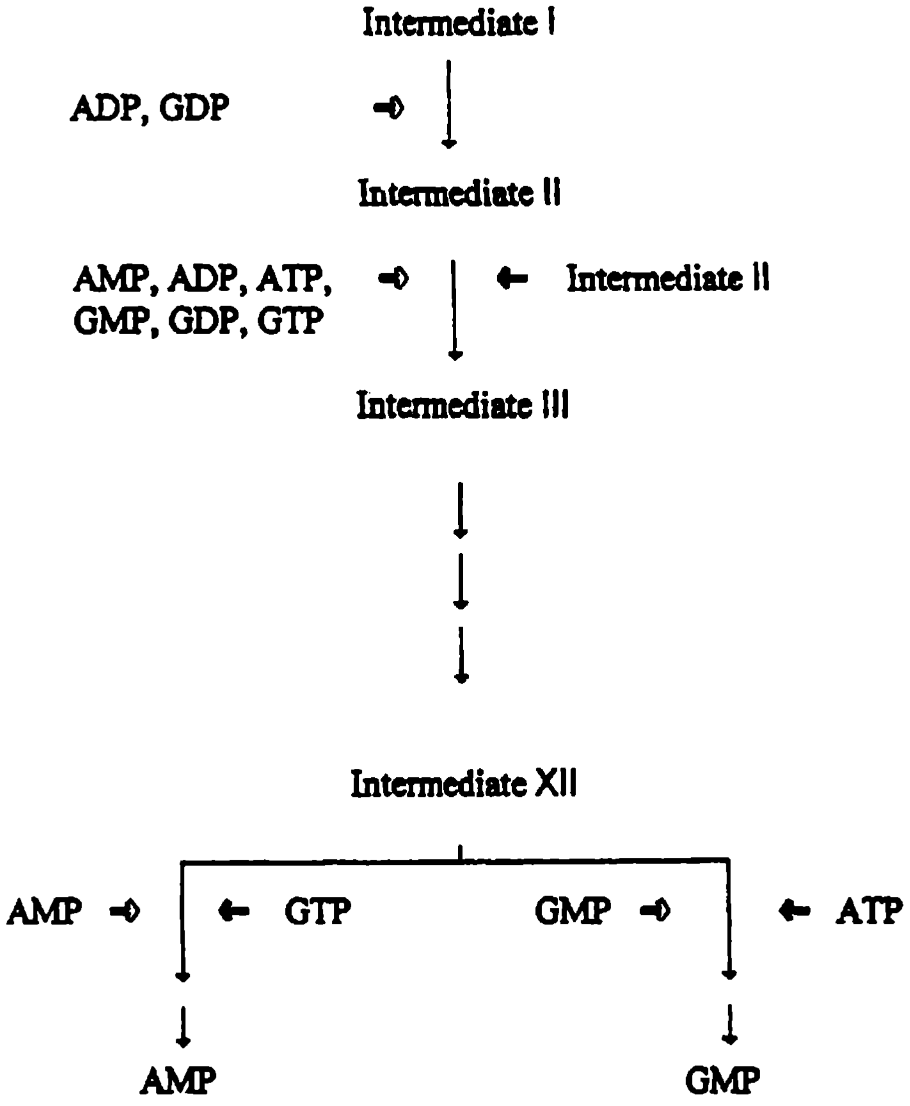
كل طفل سمع مرة واحدة أو أكثر قصة (الملك ميداس). وهو الملك الجشع الذي أحب الذهب أكثر من أي شيء آخر أو هكذا ظن هو.عندما أعطي للمرة الأولى هبة القدرة على تحويل أي شيء يلمسه إلى ذهب كان سعيدا، المزهريات القديمة والصخور عديمة القيمة والألبسة المستعملة كلها أصبحت جميلة ولا تقدر بثمن فقط بلمسه إياها .

على كل حال لم يستمر الأمر جيدا هكذا عندما لمس ميداس أزهارا جميلة فاختفى عطرها وعلم أنه في مشكلة كبيرة عندما لمس الطعام فتحول إلى ذهب وأخيرا قادته حماقته إلى حزن عميق عندما عانقته ابنته الصغيرة ميري غولد وتحولت إلى تمثال ذهبي.

قصة الملك ميداس تعلم بعض الدروس الواضحة: لا تكن طماعا، الحب مهم أكثر من المال وهكذا، ولكنَّ هناك درسًا أقل وضوحا عن أهمية الترتيب فليس المهم أن تمتلك الآلة أو العملية -سحرية كانت أو غير سحرية - التي تقوم بعل شيء ما فيجب أن تكون قادرا على تشغيلها وإطفائها حسب الحاجة . فلو أن الملك تمنى اللمسة الذهبية والقدرة على تفعيلها وإلغائها لكان قادرا على تحويل بضعة صخور إلى كتل من الذهب، ولكن ليس لصعق ابنته كان بإمكانه تحويل الصحون إلى ذهب ولكن ليس الطعام .

الحاجة إلى التنظيم واضحة للآلات التي نستخدمها في حياتنا اليومية. المنشار الدوار الذي لا يمكن إطفاؤه سيكون خطرا جدا والسيارة بدون مكابح أو بدون حالة اللاتعشيق ستكون بدون فائدة .

الأنظمة الكيميائية الحيوية هي أيضا آلات نستخدمها في حياتنا اليومية -سواء كنا نفكر فيها أم لا -، وكذلك فغنها يجب أن تكون منظمة ولتوضيح ذلك دعونا نمضي الفقرات الثلاثة القادمة نتكلم عن كيفية تنظيم اصطناع الأدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) الموضح بـ(الشكل ٧-٢).



(الشكل٧–٢) الإنزيم ١ يحتاج طاقة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) ليحول الريبوز–٥-فوسفات –الأساس– إلى المادة ٢. الأنزيم لديه تنظيم سبيل الأدينوزين أحادي الفوسفات(AMP)، الأسهم العريضة البيضاء تشير إلى المركبات التي تبطئ الاصطناع والأسهم العريضة السوداء تشير إلى المركبات التي تسرع الاصطناع.

منطقة على سطحه يمكنها أن ترتبط بالأدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP) أو الغوانوزين ثنائي الفوسفات (GDP) عندما يكون هناك زيادة من هذه المواد في الخلية. ارتباط الأدينوزين ثنائي الفوسفات ADP أو الغوانوزين (GDP) ثنائي الفوسفات يعمل كصمام مقللا فعالية الأنزيم ومبطئا تصنيع الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP، وهذا يعطي إدراكا فيزيولوجيا جيدا: بما أن الأدينوزين ثنائي الفوسفات ADP هو بقايا ال الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP المصروف – كظرف رصاصة بعد إطلاق النار من المسدس– فإن التراكيز العالية من الأدينوزين ثنائي الفوسفات ADP في الخلية تعني أن تركيز الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP –مخزن الطاقة الخلوي– منخفضة . فبدل صنع الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP فإن المادة الوسطية ١ عندئذ تستخدم كوقود لاصطناع المزيد من الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP.

بشكل شائع في الكيمياء الحيوية فإن الإنزيم الأول الذي يبدأ اصطناع الجزيء الأول بشكل غير قابل للعكس يكون منظما جدا. سبيل الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP ليس استثناءً على الرغم من أن المادة الوسيطة (٢) يمكن استخدامها لأشياء أخرى ولكن عند تحويلها إلى المادة الوسيطة (٣) فإنَّ الجزيء سيتحول بشكل محتوم إلى الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP أو الغوانوزين أحادي الفوسفات GMP عن طريق بقية إنزيمات هذا السبيل. وهكذا فالإنزيم الذي يحفز التفاعل الحرج –الإنزيم ٢– يكون منظمًا جدًّا أيضا، الإنزيم ٢ وبالإضافة لمواقع الارتباط المخصصة للجزيئات المتفاعلة فإنه يملك موقعي ارتباط آخرين أحدها يمكنه أنْ يحملَ إمّا (AMP أو ADP أو ATP) والآخر يمكنه أنْ يحمل إما (GMP أو GDP أو GTP)، إذا كان أحدُ الموقعين مليئًا فإنَّ الإنزيمَ يعمل ببطء وإذا كان الموقعان مليئين فإنَّ الإنزيم يعمل ببطء أكثر.

بالإضافة إلى الموقع الذي يحدث فيه التفاعل يحوي (الإنزيم ٢) موقعا آخر يرتبط مع المادة الوسيطة (٢) وارتباط المادة الوسيطة ٢ يجعل الإنزيم يعمل أسرع، مجددا يصنع هذا الأمر إدراكا فيزيولوجيا: إذا كان هناك الكثير من المادة الوسيطة ٢ بحيث إنَّها ترتبط بموقعي الارتباط في الإنزيم فالخلية في طورها التصنيعي وعليها معالجة المادة الوسطية ٢ بشكل أسرع.

الاصطناع منظم في عدة مواقع أخرى أيضا وبعد اصطناع ال(IMP) فإنَّ السبيلَ ينقسم ليعطي إما الأدينوزين أحادي الفوسفات AMP أو الغوانوزين أحادي الفوسفات GMP. الإنزيم ١٢ الذي يحفز الخطوة الأولى من ال(IMP) إلى ال(AMP) يتم تبطئته بفرط كمية ال(AMP)

وبشكل مماثل فالتحفيز للخطوة الأولى من (IMP) إلى (GMP) يتم تثبيطها بفرط كمية ال (GMP). بشكل مغاير للملك ميداس فالإنزيمات يمكنها أنْ تعرفَ متى يكون لديها الكثير من الأشياء الجيدة.

أخيرا فالإنزيم ١٢ يستخدم الـ(GTP) كمصدر طاقة لأنَّه إذا كان هناك الكثير من الـ(GTP) فنحن بحاجة إلى الكثير من نيكليوتيدات (أ) (AMR ، ADP ، ATP) للحفاظ على التوازن في الإمداد.

الخطوة الأخيرة في اصطناع الـ(GMP) تستخدم الـ(ATP) كمصدر طاقة لأسباب مشابهة.

فشل تنظيمي

يسببُ فشلُ تنظيم الاستقلاب في الجسم المرضَ أو الموت. ولنأخذ مثالًا على ذلك مرض السكري حيث يتباطأ في هذا المرض إدخال السكر إلى الخلايا على الرغم من أنَّ الاستقلابَ الطبيعيَّ لجزيئات السكر التي تتمكن من دخول الخلايا. وهنالك مرض أقل شيوعًا من السكري ينتج عن الفشل في اصطناع الأدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) ويسمى (متلازمة ليش نيهان Lesch-Nyhan syndrome) وفي هذه المتلازمة يكون الإنزيم اللازم لتدوير النكليوتيدات المستهلكة بعد تخرب الدنا والرنا ناقصًا أو غير فعال مما يسبب بشكل غير مباشر تراكم المركب الوسيط II. ولسوء الحظ كما ذكرنا سابقا يحرض المركب الوسيط II الإنزيم II والذي بدوره يزيد اصطناع الأدينوزين أحادي الفوسفات والغوانوزين أحادي الفوسفات، وهذا يؤدي إلى إفراط في إنتاج حمض البول –الذي هو ناتج تخرب الأدينوزين أحادي الفوسفات والغوانوزين أحادي الفوسفات– ويترسب حمض البول على شكل بلورات تتوضع في مناطق مختلفة معيقة لعمل الجسم الطبيعي كما يحدث في داء النقرس، ولكن النتائج في متلازمة ليش – نيهان تكون أكثر شدة وتشمل التخلف العقلي واضطرار المريض لتشويه نفسه فيعض شفتيه وأصابعه.

إنَّ تنظيم اصطناع الأدينوزين أحادي الفوسفات الحيوي مثال جيد عن الآليات الدقيقة جدا واللازمة لإمداد الخلايا بالجزيئات الحيوية بالقدر المطلوب تماما دون زيادة أو نقصان وبالنسب الصحيحة للجزيئات ذات الصلة.

مشكلة التدرج الدارويني في هذا الأمر عدم وجود سبب يدعو لتطور الخلايا آليات استقلاب قبل وجود مادة محفزة جديدة، كما أن ظهور طريق استقلابي جديد غير منظم بالإضافة لعدم فائدته سيبدو كمرض جيني للمتعضي الحي.

وهذه ضربةٌ قويةٌ أيضًا لفكرة الخلايا القديمة الهشة التي يزعم أنَّها تطورت تلقائيًّا خطوة فخطوة إذ لا تملك مساحة كافية لتحمل الأخطاء التطورية، فالخلايا ستسحق بين مطرقة عدم التوفر وسندان التنظيم؟

لا أحدَ يعرفُ أيَّ شيْءٍ عن كيفية تطور سبيل استقلاب الأدينوزين أحادي الفوسفات وقد لاحظ بعض الباحثين أنَّ هذا السبيلَ يمثل تحديًا كبيرًا للتطور التدريجي، ولكن لم يكتبْ أحدٌ عن العقبة التي ظهرت عند حاجة الخلية لتنظيم سبيلها الاستقلابي فورا بعد نشوئها ولا عجب فلا أحدَ يريدُ الكلامَ عن حوادث الدهس على الطرقات.

حدث في قديم الزمان أنْ وقفْ~ خليةٌ وحدَّقَتْ طويلًا عبر الطريق العريض إلى الرصيف الآخر حيث يوجد سبيل استقلابي جديد وكانت الآليات والباصات والشاحنات والعربات والدراجات الكيميائية تمر مسرعة غير آبهة بالخلية الصغيرة. في الحارة الأولى من الطريق كانت هناك بقايا خلايا سابقة سمعت النداء المغري وكتب عليها (وسائط غير موجودة في الحساء). وفي الحارة الثانية من الطريق عددٌ أقل من بقايا الخلايا وكتب عليها (مطلوب آلية موجهة) وهناك بقايا خلية أو خليتين في الحارة الثالثة (عدم استقرار الوسائط) وليس هناك بقايا لأيَّة خلية في الحارة الرابعة (التنظيم) فلم يصلْ أحدٌ إلى هذا الحد بعد فالطرف الآخر للطريق بعيد جدًّا في الواقع.

بناء متقن

اشترط التعديلُ التاسع للدستور الأمريكي أنَّ أيَّ وضع لحقوق معينة في الدستور يجب ألا ينقض حقوقًا أخرى حصلها الناس. وهذه طريقة موجزة للقول بأنَّ وثيقةً مختصرةً لا يمكنها أنْ تغطي كلَّ الأمور الأساسية لذلك فلا توجد إلزاماتٌ إضافيةٌ لأمور لم تتمَّ مناقشتها. وأود أنْ أضعَ نفسَ إعلان عدمَ المسئولية بالنسبة لكتابي هذا. فمن الفصل الثالث إلى السادس ناقشت عدة أنظمة كيميائية حيوية معقدة غير قابلة للاختزال ودخلت في الكثير من التفاصيل لأظهر لماذا لا يمكن لهذه الأنظمة أن تتشكل بالطريقة التدريجية وكانت التفاصيل ضرورية حتى يفهم القارئ تماما ما هي المشاكل.

ولأنَّني أمضيتُ الكثيرَ من الوقت في شرح تلك الأنظمة لم يتحْ لي الوقتُ للانتقال إلى أنظمة كيميائية حيوية أخرى ولكن هذا لا يعني أنَّها لا تشكل عقبات في طريق الداروينية.

فالأمثلة على التعقيد غير القابل للاختزال وفيرة، وتتضمن بعض مناحي تضاعف الدنا، وعمليات نقل الإلكترونات، واصطناع القسيمات الطرفية للصبغيات -التيلوميرات- والتركيب الضوئي وتنظيم الانتساخ للحمض النووي والكثير من الأمور.

نشجع القارئ على استعارة كتاب عن الكيمياء الحيوية من المكتبة ليرى بنفسه عدد العقبات التي يمكنه أو يمكننا تحديدها مما يواجه فكرة التطور التدريجي.

هذا الفصل مختلف نوعا ما. ففيه أردتُ أنْ أبين أنَّ الأنظمةَ المعقدةَ غير القابلة للاختزال ليست هي المشكلةُ الوحيدةُ لفكرة التدرج، وحتى تلك الأنظمة التي تبدو من النظرة الأولى قابلة للنشوء تدريجيا تظهر فيها عقبات كبيرة وعويصة لدى التفحص التدقيق لها أو عندما تظهر النتائج التجريبية. ولا يوجد سبب يدعونا لتوقع حل هذه المعضلات ضمن نطاق التصور الداروني الفكرة التي عرضها أساسا (هورويتز) كانت جيدةً في أيامه، وكان من الممكن لها أنْ تنجحَ وأنْ تكون صحيحة. ولو حصل أنْ تشكل أحد سبل الاستقلاب المعقدة بالتدريج فالمخطط الذي وضحه هورويتز لا بُدَّ أنْ يكون الطريقة التي تم بها الأمر، ولكن بمرور السنوات ومع تقدم العلم فإنَّ مستلزمات مخططه تقوضت ولو وجد تفسير دارويني مفصل لإنتاج الأدينوزين أحادي الفوسفات فلا أحد يعرفه وقد بدأ الكيميائيون العنيدون بدفن إحباطهم في الرياضيات.

لا يشكل الأدينوزين المعضلة الاستقلابية الوحيدة بالنسبة لداروين فالتركيب الحيوي للحموض الأمينية والدسم والفيتامينات والخضاب تفرض نفس الإشكال كما أن هناك صعوبات أبعد من الاستقلاب.

ولكن المشاكل الأخرى ليست في صلب اهتمامنا هنا، وسألتفت الآن بعيدًا عن الكيمياء الحيوية في حد ذاتها وأوجه التركيز إلى قضايا أخرى، تشكل العقبات العلمية التي ناقشناها في الفصول الخمسة الأخيرة أمثلة قوية عن الجبال والصدوع التي تسد طريق التفسير الدارويني للحياة.

القسم الثالث

بماذا يخبرنا الصندوق؟!

الفصل الثامن

انشر أو تفنى

مجلة التطور الجزيئي

من الفصل الثالث ومرورًا بالفصل السابع أوضحنا أنَّهُ لم يفسرْ أحدٌ أصلَ النظم الكيميائية الحيوية المعقدة التي نوقشت هنا، لكن هنالك عشرات الآلاف من العلماء في الولايات المتحدة ممن يهتمون بالأساس الجزيئي للحياة. معظمهم كرّس وقته في العمل الشاق بعزل البروتينات، وتحليل البنى، وتصنيف تفاصيل سبل عمل الأشياء بالغة الصغر. ومع ذلك بعض العلماء مهتمون بالتطوّر ونشروا كمية كبيرة من الأعمال في الأدبيّات الاختصاصية. إنْ كانتْ النظمُ الكيميائيةُ الحيويةُ المعقدةُ غيرُ مفسّرة فما هو نمط العمل الكيميائي الحيوي الذي نشر تحت عنوان (التطوّر)؟ سيطلع القارئ في هذا الفصل على ما قد درس وما لم يدرس.

عندما اكتُشفَ الأساسُ الجزيئيُّ للحياة بدأ تطبيقُ التفكير التطوّري على الجزيئات. مع اتساع عدد الأوراق البحثية المهنية في هذا المجال أنشئتْ مجلةٌ متخصصةٌ في هذا المجال وهي مجلة التطوّر الجزيئي (Journal of Molecular Evolution (JME. أسست (JME) عام ١٩٧١م، وهي مكرّسة على وجه الخصوص للبحث الهادف عن تفسير لنشأة الحياةُ على المستوى الجزيئي، ويديرها شخصيّات بارزة في هذا المجال. من بين أكثر من خمسين شخصًا يمثلون مجلس وهيئة التحرير، هناك عدد كبير من الأعضاء من الأكاديمية الوطنية للعلوم (National Academy of Sciences) رئيس التحرير هو (إميل زوكركاندل Emile Zuckerkandle) ، وهو أول من افترض مع (لاينوس بولينج Linus Pauling) أنَّ الاختلافات في تسلسل الحموض الأمينية في البروتينات المتشابهة من أنواع مختلفة قد يستعمل في تحديد الفترة التي مضت عن آخر سلف مشترك بين الأنواع.

كل عدد شهري من الـ(JME) يحتوي على حوالي عشرة أوراقٍ علميةٍ حول ملامح مختلفة من التطوّر الجزيئي. عشرة أوراق بحثية شهريًا يعني حوالي مئات الأوراق سنويا، وحوالي آلاف الأوراق في كل عقد من الزمن، يمكن بنظرة كلية على آلاف الأوراق البحثية في مجال معيّن أن تمنحك فكرة جيّدة حول المشاكل التي قد حلّت، والمشاكل التي أبرزت، والمشاكل التي قد أهملت. تظهر نظرة للوراء على العقد الماضي أنَّ الأوراق البحثية في الـJME يمكن تقسيمها بسهولة إلى ثلاث فئات منفصلة: التصنيع الكيميائي للجزيئات التي يعتقد أنَّها ضروريةٌ لأصل الحياة ومقارنة تسلسلات الـ(DNA) أو البروتين والنماذج الرياضية المجرّدة.

في البدء

إنَّ السؤالَ حوْلَ أصل الحياة بالغُ الأهمية ومثير للاهتمام. على البيولوجيا أنْ تتعاملَ بالنهاية مع هذا السؤال: حتى وإنْ تطوّرتْ الحياة بواسطة الانتخاب الطبيعي الذي يؤثر في الاختلافات، فكيف ظهرت الحياة بالمقام الأول؟ تمثّل المنشورات المهتمة بالاصطناع الكيميائي للجزيئات التي يعتقد أنَّها ضروريةٌ لأصل الحياة حوالي ١٠ بالمئة من كامل الأوراق البحثية في الJME.

تعتبر قصة (ستانلي ميلر Stanley Miller) من أفضل ما عرف في كامل العلم الحديث. كونه طالبًا حديثَ التخرّج بعد الحرب العالمية الثانية ويعمل في مختبر (هارولد يوري Harold Urey) الحائز على جائزة نوبل في جامعة شيكاغو، أراد ميلر تحديد المواد الكيميائية التي قد تكون تواجدت قبل مليارات السنين على الأرض القديمة عديمة الحياة. علم أنَّ الهيدروجين هو العنصر الغالب في الكون. وعندما يتفاعل الهيدروجين مع الكربون والنتروجين والأكسجين – وهي العناصر الشائعة على الأرض – يتكون عندها الميثان والأمونيا والماء. لذلك قرر ميلر معرفة المواد الكيميائية التي من الممكن إنتاجها بواسطة غلاف جوي مقلّد يحتوي على (الميثان والأمونيا وبخار الماء، والهيدروجين).(1)

يعتبر كلٌّ من الميثان والأمونيا وبخار الماء والهيدروجين غير فعال. علم ميلر أنه لجعل هذه الغازات تنتج مواداً كيميائية محتملة مثيرة للاهتمام، عليه أن يضخ بعض الطاقة في النظام لخلط الأمور. افترض أن البرق هو مصدر الطاقة الذي يمكن أن يكون قد توفر في زمن الأرض القديمة. لذلك أنشأ ميلر جهازًا في مختبره يحتوي على الغازات التي توقع أنها تواجدت على الأرض المبكرة، بالإضافة لبركة من الماء، وكذلك أقطابا كهربائية مصدرة للشرر لتحاكي البرق.

قام ميلر بغلي الماء وأحدث شررا في مزيج الغازات لمدة أسبوع تقريبا، خلال ذلك الوقت تكوّن قطران زيتي غير ذوّاب على جوانب الحوجلة، وأصبحت بركة الماء مائلة للون الأحمر أكثر فأكثر مع تراكم المواد فيها. في نهاية الأسبوع حلل ميلر مزيجَ المواد الكيميائيـ بة في الماء واكتشف احتواءه على العديد من أنواع الحموض الأمينية. صعقت هذه النتيجة العالم. بما أنَّ الأحماض الأمينية هي حجارة البناء للبروتينات، بدا من الوهلة الأولى أنَّ الموادَ الخاصة بصنع آلات الحياة ستكون وافرة على الأرض الباكرة. ولم يجد العلماء المتحمّسين أيّة صعوبة

في تخيّل أنَّ العمليّات الطبيعية قد تحرّض تجمّع الحموض الأمينية معاً لتشكّل البروتينات، وأن بعض البروتينات ستحفّز تفاعلات كيميائية هامة، وأنَّ البروتينات ستحبس داخل أغشية صغيرة شبيهة بالخلية، وأنَّ الأحماضَ النوويةَ ستنتج بواسطة عمليات شبيهة وأنَّ أولَ خلية متكاثرة ذاتيًّا ستولد تدريجيًّا وكما هو في القصة الخيالية فرانكينشتاين لـ(ماري شيلي Mary Shelley)، يبدو أنَّ الكهرباء السارية عبر المادة عديمة الحياة بمقدورها بالفعل إنتاج الحياة.

هرع مختبرون آخرون للبناء على العمل الأولي لستانلي ميلر. لقد اكتشف أنماطًا مختلفةً قليلةً من الحموض الأمينية في تجربته، لكنها أقل مما تمتلكه الكائنات الحية (عشرون نوعا). غيّر باحثون آخرون في الظروف التجريبية لميلر. فقد بدّل مزيج الغازات في الغلاف الجوي المحاكى، وغيّر مصدر الطاقة من الشرارة الكهربائية إلى الإشعاع فوق البنفسجي (لمحاكاة ضوء الشمس) أو نبضات قوية جدًّا من الضغط (لمحاكاة الانفجارات). وكشفت الطرق التحليلية الأكثر تعقيداً مواد كيميائية كانت متواجدة بكميّات صغيرة جداً. وفي النهاية توصل الجهد المستمر من قبل عدد من العاملين إلى اكتشاف جميع الأنماط العشرين للحموض الأمينية التي تتواجد طبيعياً عبر تجارب البحث عن أصل الحياة.

وقد أبلغ عن نجاحات أخرى في السنوات المبكّرة من البحث حول أصل الحياة. ربما كان أبرز إنجاز ملحوظ هو من قبل مختبر جون أورو Juan Orò. فقد أوضح أن المادة الكيميائية البسيطة سيانيد الهيدروجين تتفاعل مع ذاتها لتولّد عدداً من المنتجات من ضمنها الأدنين، وهو أحد المكونين للوحدات البنائية في الحموض النووية. أبرزت هذه النتيجة الـDNA والـRNA كهدفين للتحري الكيميائي عن أصل الحياة. وعلى مر السنين أنتجت المكوّنات الأخرى للحموض النووية – أي الأسس الأخرى وكذلك سكّر الريبوز الذي يكوّن جزءًا من الـ(RNA)– عبر تجارب محاكاة كيميائية.

في ضوء هذه النجاحات ذات الدعاية الممتازة يمكننا أنْ نعذرَ من ليس له خلفيةٌ في هذا الموضوع على شعور الصدمة الذي سينتابه عندما اطلاعه على المراجعات المتشائمة حول البحث عن أصل الحياة في الأدبيّات المهنية، مثل تلك التي كتبت من قبل (كلوس دوز Klaus Dose)، وهو من العاملين البارزين في هذا المجال. في تقييمه لحالة المعضلة هذه لم يوفّر دوز أيّ جهد ليقول: "أدّى ما يربو عن ٣٠ سنة من الاختبارات في أصل الحياة في مجالات

الكيمياء والتطوّر الجزيئي إلى إدراك أفضل لضخامة معضلة أصل الحياة على الأرض عوضاً عن الجواب عن هذا السؤال. حالياً جميع النقاشات في النظريّات الأساسية والتجارب في هذا المجال إما أنّها انتهت إلى طريق مسدودٍ أو اعترافٍ بالجهل".[2]

ما الذي يدفع بمختص في هذا المجال لمثل وجهة النظر الكئيبة كهذه، خاصة بعد التقدّم في الأيام المثيرة التالية لتجربة ميلر الممهّدة؟ تبيّن أن النجاحات، رغم أنها حقيقية، ماهي إلا ورقة فوق الكثير من المشاكل التي تظهر أهميتها فقط عندما تنتقل إلى ما وراء الإنتاج الكيميائي البسيط لبعض المكوّنات المجرّدة للحياة. دعنا نطلع على بعض من هذه المشاكل.

إنَّ تحضيرَ جزيئاتِ الحياة عبر عمليات كيميائية خارج الخلية هو أمرٌ سهلٌ بالواقع. أيْ كيميائيٍّ مؤهلٌ بمقدوره شراء بعض المواد الكيميائية من شركة ما ووزْنها بالنسب الصحيحة ويذيبها في مذيب مناسب ويسخّنها في حوجلة لمدة محددة من الزمن، وينقّي المادة الكيميائية المرغوبة تنتج مع طرح المواد الكيميائية غير المرغوبة الناتجة عن طريق تفاعلات جانبية. ليس مجرّد الحموض الأمينية والنوكليوتيدات – الوحدات البنائية – يمكن أنْ تحضّر بل بمقدور الكيميائي أخذ هذه المواد وإنتاج البنى بحد ذاتها: البروتينات والحموض النووية. في حقيقة الأمر قد تمتْ أتمتة هذه العملية والآلات التي تمزج وتفاعل المواد الكيميائية للحصول على البروتينات والحموض النووية تباع من قبل عدد من الشركات التجارية. أيُّ طالب لمْ يتخرجْ بعْدُ بمقدوره قراءة كتيّب التعليمات وإنتاج قطعة طويلة من الـ(DNA) –ربما الجين المرمّز لبروتين معروف– ذلك خلال يوم أو يومين.

سيلاحظ معظم القرّاء المشكلة سريعا. لم يكن هناك كيميائيون قبل مليارات السنين. ولم يكن كذلك أي شركات توفر المواد الكيميائية، أو أدوات زجاجية للتقطير، أو أيٍّ من الأدوات الأخرى الكثيرة التي يستعْملُها الكيميائيُّ الحديثُ يوميًّا في مختبره، والتي هي مطلوبةٌ للحصول على نتائج جيّدة. يتطلّب السيناريو المقنع لأصل الحياة التقليل من التوجيه الذكي للتفاعلات الكيميائية بأكبر قدر ممكن. بالرغم من ذلك فإنَّ تدخل بعض الذكاء هو أمر لا يمكن تجنّبه. إنَّ نقطة الانطلاق الأساسية ضرورية للافتراضات المعقولة حول المواد التي كانت متوفّرة على الأرض المبكّرة – مثلما فعل ستانلي ميلر –كما تكمن البراعة في أنْ يختار الباحثُ نقطةَ بدءٍ محتملة ثمَّ يترك الأمور تأخذ مجراها دون تدخّل.

لتقريب المثال، افترض أنَّ طاهٍ مشهور قال: إنَّ عملياتٍ طبيعيةً عشوائيةً بمقدورها إنتاجُ كعكةِ شوكولاتة. وفي جهده لإثبات ذلك لن ندمّه على أخذه كامل النباتات –من ضمنها القمح والكاكاو وقصب السكر– ووضعها قرب نبعٍ حارٍّ في أملٍ بأنْ تقومَ المياه الساخنة باستخلاص المواد الصحيحة وأنْ تطبخها. لكنَّنا سنصبح قلقون قليلًا إنْ أحضر الطاهي طحينًا مكرّرا والكاكاو والسكّر من متجر وقال: إنَّهُ لا يملك الوقت لانتظار الماء الساخن ليستخلص المكوّنات من النباتات. وسنهز رؤوسنا إن قام في هذه التجربة باستخدام الفرن الكهربائي عوضاً عن النبع الحار لـ "تسريع العملية". لكننا في النهاية سندير ظهورَنا رافضين إنْ قاس الكميّات بدقة للمكوّنات ومزجها في زبدية ووضعها على صينية ثم خبزها في فرنه. فهذه النتائج لا علاقة لها بفكرته الأصلية بأنَّ العمليات الطبيعية بمقدورها إنتاج كعكة.

صعقتْ تجربة (ستانلي ميلر) التي أبلغ عنها عام ١٩٥٢م العالم؛ لكنَّ ميلر أوضح بصدق أنَّ التجربةَ لم تكن الأولى التي أجراها. حيث أعدَّ جهازه مسبقًا بأسلوبٍ مختلفٍ بعض الشيء ووجد أنَّ بعضَ الزيت قد تشكّل، ولكن دون أحماض أمينية. لكوْنه اعتقد أنَّ الأحماضَ الأمينيةَ ستكون الموادَ الكيميائية الأكثرَ أهميةً لكي يعثرَ عليها وقام برجُ الجهاز في أملٍ لإنتاجها. بالطبع إنْ كانت الظروفُ على الأرض القديمة تماثل بالواقع محاولات ميلر غير الناجحة عندها لنْ تُنْتَجَ أيُّ أحماضٍ أمينية.

فضلًا على ذلك، جمع كثير من الأحماض الأمينية معًا لتشكيل بروتين ذي فاعلية بيولوجية مفيدة هي مشكلة كيميائية أكثر صعوبة للغاية من تشكيل الأحماض الأمينية في المقام الأول. المشكلة الرئيسية في ربط الأحماض الأمينية معًا تكمن في أنَّ هذه العمليةَ –كيميائيا– تتضمن إزالة جزيء ماء من كل حمض أمينيّ يرتبط بسلسلة البروتين النامية. وبالعكس من ذلك يثبّط وجود الماء بقوة تشكيل البروتين من أحماض أمينية. لأنَّ الماء متوفرٌ بشكل كبير على الأرض، ولأنَّ الأحماض الأمينية تذوب سريعًا في الماء، فقد أجبر الباحثون في أصل الحياة على افتراض سيناريوهات استثنائية لتفادي مشكلة الماء. على سبيل المثال افترض العالم (سيدني فوكس Sidney Fox) احتمال أن تكون بعض الأحماض الأمينية قد انتقلت من المحيط البدائي إلى سطح ساخن جدًّا كحافة بركان نشط. ومن هنا تبدأ القصة، ستسخن هذه الأحماض الأمينية إلى درجة أعلى من نقطة غليان الماء؛ ومع ذهاب الماء، من الممكن أنْ ترتبط الأحماض الأمينية معا، لكن لسوء الحظ أثبت عاملون آخرون مسبقًا أنَّ تسخينل الأحماض الأمينية

الجافة ينتج قطرانًا كريه الرائحة ذي لون بني غامق ودون أيِّ أثر قابل للكشف للبروتينات؛ لكن فوكس على أيِّ حال أثبت أنَّه إنْ أضيفتْ كمية كبيرةٌ من أحد ثلاث أحماض أمينية مختلفة إلى مزيج من أحماض أمينية منقاةٍ وسخّنت في فرن مختبري، عندها سترتبط الأحماض الأمينية معا، لكن حتى بهذه الحالة فهي لا ترتبط معطية بروتينات، فالبنية التي تكوّنها مختلفةٌ كيميائيا. لذلك سمى فوكس ومعاونوه هذه البنى بـ(أشباه البروتين Proteinoids)، ثم ذهب ليوضح أنَّ أشباه البروتينات هي ذاتُ خواصٍّ مثيرةٍ للاهتمام من ضمنها قدراتٌ تحفيزيةٌ بسيطةٌ وهذا يذكّرنا بالبروتينات الحقيقية.

بقي المجتمع العلمي في حالة ارتيابٍ عميق من هذه التجارب. وكما هو مع مثال الخبّاز التخيّلي الذي طرحناه، نرى أنَّ هنالك تدخّلًا كبيرًا من قبل الباحث فيما يخص أشباه البروتينات. الظروف الخاصة المطلوبة لتحضيرها –الظروف الحارة والجافة (ممثلة عمومًا لنقاط نادرة مثل حواف البراكين) مع الكميّات الدقيقة من الحموض الأمينية مسبقة التنقية والوزن– تلقي ظلالًا قاتمة على علاقة هذه التجارب. والأسوأ من هذا، فلكون أشباه البروتينات ليست بروتينات بالحقيقة، فلا تزال المشكلة المعتبرة بإنتاج بروتينات حقيقة قائمة. في كتابه الذي يعرض الصعوبات في نظريّات أصل الحياة، يذكر (روبرت شابيرو Robert Shapiro) أنَّ العمل على أشباه البروتينات قد صنع إجماعا مفاجئا على الرأي التالي: "لقد جذبت نظرية (أشباه البروتيات) عددًا من النقّاد الأشدّاء ابتداءً من الكيميائي (ستانلي ميلر) إلى الخلقي (دوين غيش Duane Gish). ربما لا يوجد نقطة أخرى في نظرية أصل الحياة يمكن أنْ نرى توافقًا بين التطوّريين والخلقيين كما هو في رفض ملائمة تجارب سيدني فوكس".[3]

افترض باحثون آخرون طرقًا أخرى قد تكون الأحماض الأمينية قد ارتبطت من خلالها لتنتج البروتينات. إلا أن جميعها عانت شيئاً من المشاكل التي نزلت بأشباه البروتينات، ولم يحظَ أيٌّ منها بما يكفي من الدعم لدى المجتمع العلمي.

عالم الـرونات

أثبت العالم (توماس سيش Thomas Cech) في ثمانينيات القرن العشرين أنَّ بعض جزيئات الـ(RNA) لديها قدرات تحفيزية بسيطة.[4] ولكون الـ(RNA)، بعكس البروتينات، بمقدوره العمل كقالب فمن المحتمل أنْ يحفّز التضاعف الذاتي لذاته، فقد افترض أنَّ الـRNA –وليس

البروتين- هو ما قد وضع الأرض على طريق الحياة. ومنذ الإبلاغ عن عمل سيش أخذ المتحمّسون بتصوّر زمن كانت فيه الأرض مشبعة بالRNA في سبيلها نحو الحياة؛ ولقّب هذا النموذج بـ(عالم الRNA). لسوء الحظ فإنَّ التفاؤلَ المحيط بعالم الـ(RNA) يتجاهل الكيمياء المعروفة. ومن نواحٍ عديدة فإنَّ بدعة عالم الRNA في تسعينات القرن العشرين تذكرنا بظاهرة (ستانلي ميلر) خلال ستينات ذلك القرن: أمل يكافح بقوة ضد البيانات التجريبية.

ربما يكون تخيّل سيناريو حقيقي تكون فيه العمليات الطبيعية قد أوجدت البروتينات على الأرض ما قبل الحيوية -بالرغم من الصعوبة البالغة لذلك- أسهلَ من نزهةٍ في الحديقة إذا ما قورن بتخيّل سيناريو تشكل الحموض النووية مثل الـ(RNA). تكمن المشكلة الكبرى في أنَّ كلَّ نوكليوتيد -وحدة بنائية- هو بحد ذاته مبني من عدة مكوّنات، والعمليّات التي تشكّل المكوّنات هي غير متوافقة كيميائيا. رغم أنَّ الكيميائيَّ بمقدوره تصنيع النوكليوتيدات بسهولة في المختبر عبر تصنيع المكوّنات بشكل منفصل وتنقيتها وبعدها إعادة جمع المكوّنات لتتفاعل مع بعضها إلّا أنَّ التفاعلات الكيميائية غيرَ الموجّهة تنتج بنسبة غالبة منتجات غير مرغوبة ومواد لزجة عديمة الشكل في أسفل أنبوب الاختبار. سمَّى (جيرالد جويس Gerald Joyce وليزلي أورجل Leslie Orgel) -عالمان عملا طويلًا وبجهد على مشكلة أصل الحياة- الRNA (الكابوس الكيميائي ما قبل الحيوي)، وقد كانا صريحين بصرامة حين قالا: "يبدو أنَّ العلماءَ المهتمين بأصول الحياة منقسمين بعناية إلى صنفين. الأول يعتقد البيولوجيون الجزيئيون غالبًا -لكن ليس دوما- أنَّ الـ(RNA) لابُدَّ أنَّهُ كان الجزيء المتضاعف الأول وأنَّ الكيميائيين يبالغون في صعوبات اصطناع النوكليوتيد بينما المجموعة الثانية هي من العلماء الأكثر تشاؤما. فهم يعتقدون أنَّ الظهور المتجدد De Novo لقليلات النوكليوتيد Oligonucleotides على الأرض البدائية هو قريب للمعجزة -يؤيّد الباحثون هذه الفكرة الأخيرة- وسيخبرنا الزمن أيّة نظرة هي الصحيحة.[3]

حتى وإنْ كانت الصدفة الشبيهة بالمعجزة قد حدثت وأنتج الـ(RNA) إلّا أنَّ (جويس وأورغل) لا يريان سوى العراقيل.

ففي قسم من مقالة بعنوان (مفارقة دجاجة وبيضة أخرى) كتبا التالي: "ركّزت هذه المناقشة، وعن وعي، على مغالطة رجل القش المنطقية: فخرافة جزيء الـ(RNA) ذاتي التضاعف الذي يظهر بشكل متجدد من حساء لعديد نوكليوتيدات عشوائية ليست ملاحظة غير منطقية فحسب

في ضوء فهمنا الحالي لكيمياء ما قبل الحياة، بل يجب أنْ تلقم سذاجة الرؤية المتفائلة للقدرة التحفيزية للRNA حجرا. من دون التطور يبدو أنَّه من المستبعد نشوء الريبوزايم Ribozyme [1] ذاتي التضاعف، ولكن من دون وجود بعض أشكال التضاعف الذاتي لا يوجد أيُّ سبيل لإجراء بحثٍ تطوّريٍّ لأول ريبوزايم بدائي ذاتي التضاعف".

بعبارة أخرى المعجزة بإنتاج (RNA) سليم كيميائيًّا ليست كافية. لكون الغالبية العظمى من جزيئات الRNA لا تمتلك خواصًّا تحفيزيةً مفيدة. نحتاج لصدفة إعجازية ثانية للحصول على الRNA المطلوب والسليم كيميائيا.

تعاني كيمياء أصل الحياة بشدة من مشكلة الهلاك قبل العبور[2]، والتي نوقشت في الفصل الأخير. مثلما لا يوجدُ حاجزٌ مطلقٌ يمنع جرذ أرض –المرموط Groundhog– من أن يستمر على طول طريق عام ذي ألف مسار مرور في ساعة الذروة؛ فكذلك لا يوجد حاجز مطلق يمنع من إنتاج البروتينات أوْ الأحماض النووية أوْ أيّة مادةٍ بيوكيميائية بواسطة عمليات كيميائية طبيعية. بالرغم من أنَّ المجزرةَ التي ستحصل على الطريق هو أمرٌ لا يطاق فإنَّ الحلَّ المقدمَ من قبل بعض كيميائيي ما قبل الحياة حل بسيط ألا وهو إطلاقُ ألف جرذ أرض على جانب الطريق وملاحظة إنْ تمكّن أحدها من العبور من مسار المرور الأول. بعدها يوضع ألف جرذ أرض جديد في طائرة مروحية ويطيرون بهم إلى بداية مسار المرور الثاني. عندما يتمكن إحداها من النجاة عند قطع مسار المرور الثاني وصولًا إلى الثالث، تضع المروحية ألفَ جرذ أرض آخرين على طرف مسار المرور الثالث. مؤيّدو عالم الـ(RNA) الذين يبدؤون تجاربهم بجزيء (RNA) طويل منقى مصنّع من قبل باحث، يضعون جرذان الأرض على مسار المرور رقم ٧٠٠ ويشاهدون عبور أحدها وصولًا إلى مسار المرور ٧٠١. هذا جهد كبير، لكن إنْ وصلت إلى الطرف الثاني سيكون النصر فارغًا إلى حد بعيد.

يستحق العلماء العاملون في أصل الحياة قدرًا كبيرًا من التقدير؛ فقد واجهوا المشكلة بالتجربة والحساب وهذا ما يجب أنْ يقوم به العلم. ورغم أنَّ التجاربَ لم ينتجْ عنها ما كان

---

[1] جزيء رنا قادر على العمل كمحفز بيولوجي.

[2] يشبهها بمشكلة تعرض بعض الحويانات للدهس قبل أن تنجح في العبور إلى الجهة الأخرى من الطريق.

مأمولًا به إلَّا أنَّهُ عبر جهودهم أصبح لدينا الآن فكرة واضحة عن الصعوبات المترنّحة التي ستواجه أي فكرة عن أصل الحياة بواسطة عمليات كيميائية طبيعية.

يقر كثير من العلماء سرًّا: إنَّ العلمَ لا يحمل تفسيرًا لبدء الحياة.[7] ومن جهة أخرى يعتقد كثير من العلماء أنَّه بتحديد أصل الحياة، يصبح تطوّره التالي سهل التصوّر، رغم الصعوبات الكبيرة الموضّحة في هذا الكتاب. سبب هذا الواقع الخاص هو أنه بينما يحاول الكيميائيّون اختبار سيناريوهات أصل الحياة بالتجربة أو الحساب، لا يبذل البيولوجيّون التطوّريّون أيَّ جهد لاختبار السيناريوهات التطوّرية على المستوى الجزيئي بالتجربة أو الحساب. نتيجة لذلك، بقيت البيولوجيا التطوّرية ضمن ذات الإطار من التفكير الذي سيطر َعلى دراسات أصل الحياة في بداية خمسينات القرن الماضي قبل إجراء معظم التجارب: فالتخيّل ذهب مَنْحًى بعيدا. فقد كشفت الكيمياء الحيوية في الواقع عن عالم جزيئي يقاوم بمتانة التفسير المقدم من قبل ذات النظرية التي طبّقت طويلًا على مستوى كامل المتعضّية. لم تفسِّر أيًّا من نقطتيْ داروين الأوليّتين -أصل الحياة وأصل عملية الإبصار- بواسطة نظريّته. فداروين لم يتخيّل قطعاً التعقيد العميق المتقن المتواجد حتى على المستويات الأكثر أساسية في الحياة.

على مدى سنوات نشرت مجلة (التطوّر الجزيئي) بحثًا عن أصل الحياة يهتم بكثير من الأسئلة، مثل التالي: هل من الممكن لأحماضٍ أمينية أخرى لم يعثرْ عليها ميلر أنْ تنتجَ أيضا؟ ماذا لو كان ثاني أكسيد الكربون هو السائد في الغلاف الجوي عوضًا عن الميثان؟ هل من الممكن أنْ تكون نوكليوتيدات مختلفة عن تلك الحديثة هي المسؤولة عن بداية الحياة؟ بعض من هذه الأسئلة قد طرح في الـ(JME) في أوراق بحثية بعناوين مثل (الاصطناع ما قبل الحياة في الغلاف الجوي الحاوي على CH_4، CO، وCO_2)[8] (التحلل الإشعاعي للمحاليل المائية لسيانيد الهيدروجين (pH6): مركّبات ذات أهمية في دراسات التطوّر الكيميائي)[9]، (أسس بديلة في عالم الـRNA: الاصطناع ما قبل الحياة لليورازول والريبوزيدات)[10]، و(تحلق مضاهئات النوكليوتيدات كعقبة للبلمرة).[11] هذه أسئلة مثيرة للاهتمام للعلماء، لكنهم لم يبدؤوا بالإجابة على تحدي التطور القائم في شلال تخثّر الدم، أو النقل الخلوي، أو محاربة الأمراض.

الأوراق البحثية المفقودة

الفئة الثانية من الأوراق البحثية التي يعثر عليها عادة في مجلة التطوّر الجزيئي، والتي تمثّل ٥ بالمئة من كامل الأوراق البحثية، تهتم بالنماذج الرياضية للتطوّر أو النماذج الرياضية الجديدة لمقارنة وتفسير البيانات المتتالية. وهي تتضمن أوراقًا بحثية بعناوين مثل (اشتقاق جميع الثوابت الخطية لنموذج التبدال Transversion غير المتوازن)[12] و(محاكاة مونتي كارلو لتطوّر السلالات: تطبيق لاختبار ثبات معدلات التطوّر).[13] رغم أنها مفيدة في فهم كفية تصرّف العمليات التدريجية عبر الزمن، إلا أن الرياضيّات تفترض أن تطوّر العالم الحقيقي هو عملية عشوائية تدريجية؛ فهي لا تثبته (ولا يمكنها كذلك).

إلى الآن كانت أكبر فئة من الأوراق البحثية المنشورة في الJME، تفوق الـ٨٠ بالمئة من المخطوطات، خاصة بمقارنات التسلسل. مقارنة التسلسل هي مقارنة حمض أميني مع حمض أميني لبروتينين مختلفين، أو مقارنة نوكليوتيد مع نوكليوتيد لقطعتين مختلفتين من الDNA، بملاحظة مواقع تطابقها أو تشابهها، والمواضع التي ليست كذلك.

عندما طوّرت طرق في خمسينات القرن الماضي لتحديد تسلسل البروتينات، أصبح من الممكن مقارنة تسلسل بروتين مع آخر. وكان السؤال الذي طرح فوراً إن كانت البروتينات المتشابهة في الأنواع المختلفة، مثل الهيموغلوبين البشري وهيموغلوبين الحصان، لديها ذات تسلسل الحموض الأمينية. كان الجواب مثيراً للاهتمام: كان هيموغلوبين البشر والحصان متشابهين جداً، لكن ليسا متطابقين. كانت الحموض الأمينية هي ذاتها بـ١٢٩ من أصل ١٤٦ موقع في سلسلة بروتينية واحدة، لكن كانت مختلفة في المواقع المتبقية. عندما توفّرت تسلسلات الهيموغلوبينات من القرد، والدجاج، والضفدع، وكائنات أخرى، أصبح من الممكن مقارنة التسلسلات مع الهيموغلوبين البشري ومع بعضها. يمتلك هيموغلوبين القرد ٥ اختلافات مع ذلك الذي لدى البشر؛ ومع الدجاج يوجد ٢٦ اختلافا، وفي الضفادع يوجد ٤٦ اختلافا. هذه التشابهات كانت مُوحِية للغاية. فقد توصل كثير من الباحثين إلى أنَّ التسلسلات المتشابهة دعمت بقوة الانحدار من السلف المشترك.

بالنسبة لمعظم الأجزاء تبين أنَّ البروتينات المتشابهة من أنواع مختلفة والتي اعتُقد أنَّها قريبة الصلة ببعضها –مثل الإنسان والشيمبانزي، أو البط والدجاج– كانت متشابهة جدًّا بالتسلسل. أما البروتينات من أنواع اعتُقد أنَّها بعيدة الصلة ببعضها –مثل الظربان وملفوف الظربان– لم تكن متشابهة. في الواقع من أجل بعض البروتينات بمقدور المرء الربط بين كمية تشابه التسلسل مع الزمن "المقدّر منذ الفترة التي يعتقد أنَّ الأنواع المختلفة قد اشتركت بسلف مشترك، وكانت العلاقة جيدة جدا. اقترح بعدها (إيميل زوكركاندل Emile Zuckerkandl) و(لينوس بولينغ Linus Pauling) نظريةَ (الساعة الجزيئية) والتي تقول: إنَّ الترابطَ ناجمٌ عن طفرات متراكمة في جينات البروتينات عبر الزمن إلّا أنَّ الساعة الجزيئية شُكّك بها بقوة منذ أنْ افترضت ولا يزال هنالك جدلٌ يحيط بكثير من قضاياها؛ لكنها في العموم لا تزال تمثل إمكانية محتملة.

في نهاية السبعينات توافرت طرقٌ سريعةٌ وبسيطة لتحديد تسلسل الـ(DNA). لذلك يمكن للمرء دراسة تسلسل بروتين ما وكذلك الجين الخاص بهذا البروتين، وكذلك الـ(DNA) المحيط بالجين والذي يحتوي على مناطق الضبط وخصائص أخرى. تبيّن أنَّ الجينات من كائنات أعلى تحتوي على انقطاعات تسمى (إنترونات Introns) في تسلسل الترميز. حيث تمتلك بعض الجينات عشرات الإنترونات؛ بينما جينات أخرى لديها فقط إنترون واحد أو اثنان. لذلك الآن بإمكان الكيميائي الحيوي نشر مقارنات لتسلسلات الإنترونات في جينات من أنواع مختلفة، وكذلك دراسات للعدد الكلي من الإنترونات، وموضعها النسبي في الجين، وطولها وتركيب الأساس وعشرات العوامل الأخرى. من الممكن كذلك مقارنة ملامح أخرى للجهاز الجيني: موضع الجينات بالنسبة لجينات أخرى، وأيُّ تكرار لأيِّ نمط من النوكليوتيدات يمكن أنْ يعثر عليه بجوار الآخر، وعدد النوكليوتيدات المعدّلة كيميائيا وهلم جرّا. لقد نشر كمٌّ كبيرٌ جدًّا من الأوراق البحثية على مدى سنين في مجلة التطوّر الجزيئي، من ضمنها (اختبار نواحي تماثل تسلسل البروتين: IV.سبع وعشرون فيريدوكسين بكتيري)[14] و(تطوّر جينات التوبولين – α و – β كما استدل بواسطة تسلسلات النوكليوتيد نسائل cDNA لقنفذ البحر)[15] و(دراسة تطوّر سلالات الحيوانات الأوالي المستنتجة من تسلسلات 5S rRNA)[16] و(التوجّه ذيل – إلى – ذيل لجينات ألفا وبيتا غلوبولين السلمون Adantic).[17]

بالرغم من فائدته في تحديد الخطوط الممكنة للانحدار في السلالة، والذي يمثل سؤالًا مثيرًا بحد ذاته إلّا أنَّ مقارنة التسلسلات لا يمكنها توضيح كيفية قيام نظام بيوكيميائي معقد بوظيفته، وهو السؤال الأهم لدينا في هذا الكتاب.[18] وعلى سبيل التشبيه: كتيّبا التعليمات لنموذجين مختلفين من الحواسيب وضعا من قبل ذات الشركة قد يحتويان على كلمات وجمل وحتى فقرات متطابقة مما يقترح سلفا مشترك -ربما ذات الكاتب الذي كتب كلا الكتيّبان-، لكن مقارنة تسلسلات الحروف في كتيّبات التعليمات لن يخبرنا إنْ كان بالإمكان صنع حاسوب بالتدريج خطوة بخطوة ابتداءً من آلة كاتبة.

المواضيع العامة الثلاثة المنشورة في الـ(JME) -أصل الحياة والنماذج الرياضية للتطوّر وتحليل التسلسل- قد تضمّنت العديد من الدراسات المعقّدة والصعبة والضليعة. هل تتعارض هذه الأعمال القيّمة والمثيرة للاهتمام مع رسالة هذا الكتاب؟ أبداً على الإطلاق.

إنَّ القولَ بأنَّ التطوّر الدارويني لا يمكنه تفسير كل شيء في الطبيعة لا يعني أنَّ التطوّرَ والطفرات العشوائيةَ والانتخابَ الطبيعي لا تحدث؛ فقد لوحظت -على الأقل في حالات التطوّر المكروي- في عدد كثير من المرات. كما هو الحال مع مُحلّل التسلسلات، فإني أعتقد أنَّ الدليلَ يدعم بقوة فكرة الأصل المشترك، لكن السؤال الجذري يبقى دونما إجابة: ما الذي سبب تكوّن النظم المعقدة؟ لم يفسّر أحدٌ بالأسلوب العلمي المفصّل كيف يمكن للطفرة وللانتخاب الطبيعي أنْ يُنشآ بنى معقدة ومحكمة كالتي نوقشت في هذا الكتاب.

في الواقع لم تقترحْ أيٌّ من الأوراق البحثية التي نشرت في الـ(JME) طوال فترة نشرها نموذجًا مفصّلا يمكن من خلاله أنْ ينتج نظام بيوكيميائي بأسلوب دارويني تدريجي خطوة بخطوة. بالرغم من أنَّ كثيرًا من العلماء سألوا عن كيفية تغيّر التسلسلات أو كيف للمواد الكيميائية الضرورية للحياة أنْ تنتج في غياب الخلايا، إلّا أنّه لم يسأل أحدٌ ما في صفحات الـJME أيًّا من هذه الأسئلة التالية: كيف تطوّر مركز تفاعل التصنيع الضوئي؟ كيف بدأ النقل داخل جزيئي؟ كيف بدأ الاصطناع الحيوي للكولستيرول؟ كيف أصبحت الشبكية ذات دور في البصر؟ كيف تطوّرت سبل إشارة البروتينات المفسفرة؟ إنَّ حقيقةَ كوْن أيٍّ من هذه المسائل لم تطرح -وتركت بذاتها لكي تحل- هي إشارة قوية إلى أنَّ الداروينية هي إطارُ عملٍ غيرِ كافٍ لفهْم أصْلِ النظم البيوكيميائية المعقدة.

للعمل على الأسئلة المطروحة في هذا الكتاب، المرء بحاجة للعثور على أوراق بحثية بعناوين مثل (إثنا عشر خطوة متوسّطة تؤدي لمركز تفاعل التصنيع الضوئي البكتيري) و(هدب أولي بإمكانه توليد ضربة طاقية كافية لتحويل خلية بقدر عشر درجات) و(مركبات وسطية في الاصطناع الحيوي للأدينوزين بمقدورها محاكاة الأدينوزين بفاعلية في وظيفة الRNA) و(خثرة بدائية مكوّنة من ألياف منتظمة عشوائياً تعمل على إغلاق الدورات الدموي في الأوردة الأصغر من ۰.۳ ميليمتر)، لكن مثل هذه الأوراق البحثية مفقودة، لم يُنشر أيُّ شيءٍ قريبٍ من هذا لحد بعيد.

ربما بمقدورنا فهم لِمَ النماذج المفصّلة مفقودة في ال(JME) عبر السؤال عما سيبدو عليه التحقيق العلمي الحقيقي لتطوّر مصيدة الفئران من قبل عالم شاب متحمّس. علينا أولًا أنْ نفكرَ بطليعة لمصيدة الفئران الحديثة، طليعة ذات طبيعة أبسط. افترض أنَّهُ بدأ فقط بقاعدة خشبية؟ لا فهذا لن يقبض على الفئران. افترض أنَّه بدأ بمصيدة فئران حديثة ذات ذراع قابض أقصر؟ لا إنْ كان الذراع قصيرًا لن يصل بالممسك، وسيغلق النابض بعد أنْ يفلته مما لا يقدم لنا فائدة. افترض أنَّهُ بدأ بمصيدة أصغر؟ لا هذا لن يفسّر التعقيد. افترض أنَّ الأجزاءَ قد طوّرت بشكل منفرد لوظائف أخرى –مثلًا عصا بوظة من أجل القاعدة ونابض ساعة لنابض المصيدة وهكذا– وبالصدفة اجتمعت معا؟ لا فوظائفها السابقة ستجعلها غير مناسبة لمسك الفئران، ولا يزال عليه تفسير كيف لها أنْ تطوّرت تدريجيًّا إلى مصيدة فئران. مع اقتراب انتهاء فترة تقييمه سيتّجه العالم الشاب الذكي في اهتمامه نحو مواضيع أسهل في الحل.

عبر التدرّجية جرت محاولات لتفسير تطوّر النظم المعقدة عالية النوعية وغير القابلة للاختزال – سواء مصايد الفئران أو الأهداب أو تخثّر الدم– وهو سبيلٌ كان عديمَ الترابط إلى الآن وفق ما رأينا في الفصول السابقة. لنْ تنشرَ أيُّ مجلة علمية أوراقًا بحثية غير مترابطة بوضوح، لذلك لن نجد دراسات تطرح أسئلة مفصلة حول التطوّر الجزيئي. قد تحبك قصص (كالفن وهوبز Calvin And Hobbes)[٣] أحيانًا بتجاهل تفاصيل حاسمة كما فعل (رَسل دوليتل Russell Doolittle) عندما تخيّل تطور تخثّر الدم، لكن حتى مثل هذه المحاولات السطحية

[٣] قصص في رسوم كرتونية مصوّرة هزلية.

هي نادرة. في الواقع، لا نجد أيًّا من التفاسير التطوّرية في الأدبيّات العلمية حتى تلك الخاصة بنظم لا تظهر سلوك التعقيد غير قابل للاختزال، كالسبل الاستقلابية النوعية. يبدو أنَّ المسبَبَ في هذا الأمر مشابه لسبب الفشل في تفسير أصل الحياة: هو تعقيد شديد يمسك بخناق جميع المحاولات.

البحث في كل مكان

هناك العشرات من المجلات المكرّسة للبحث البيوكيميائي. ورغم أنَّ الـ(JME) تنشر مقالات تهتم بالتطور الجزيئي على وجه الخصوص إلَّا أنَّ مجلّاتٍ أخرى تنشر مثل هذه المقالات أيضًا مع أبحاث في مواضيع أخرى. ربما يكون من الخطأ إذن الاستنتاج كثيرًا بالاعتماد على مسح لـJME. ربما تنشر مجلّات غير متخصصة أخرى بحثًا حول أصول النظم البيوكيميائية المعقدة. لنرى إن كانت الـJME ببساطة المكان الخطأ للنظر فيه، دعنا نأخذ نظرة سريعة على مجلة معتبرة تغطي مجالًا واسعًا من المواضيع البيوكيميائية: التقدّمات في الأكاديمية الوطنية للعلوم.[٤]

نشرت الـ(PNAS) بين عامي ١٩٨٤م و١٩٩٤م حوالي ألفي ورقة بحثية، والغالبية العظمى منها كانت حول علوم الحياة. تجمع هذه المجلة سنويًّا فهرساً تدرج فيه الأوراق البحثية لتلك السنة وفق الفئة. يوضّح هذا الفهرس أَن في تلك السنوات العشرة كان محور اهتمام حوالي ٤٠٠ ورقة بحثية في التطوّر الجزيئي.[19] وهي تمثل حوالي ثلث الأوراق البحثية كما هو في مجلة (التطوّر الجزيئي) على مدى ذات الفترة الزمنية. ازدادت عدد الأوراق البحثية في هذا الموضوع والمنشورة سنويا من قبل الـ(PNAS) بشكل معتبر من ١٥ في عام ١٩٨٤م إلى حوالي ١٠٠ في عام ١٩٩٤م. ومن الواضح أنَّ هذا مجال متزايد، لكن الغالبية العظمى – حوالي ٨٥ بالمئة– تهتم بتحليل التسلسل، كما هو الحال في معظم الأوراق البحثية في الـJME، متجاوزة السؤال الأساسي "كيف". حوالي ١٠ بالمئة من الأوراق البحثية في التطوّر الجزيئي هي دراسات رياضية – إما طرق جديدة لتحسين مقارنات التسلسل أو نماذج عالية التجريد. لم تنشر أيُّ أوراق بحثية في الـPNAS افترضت سبل مفصلة قد تكون تطورت عنها

[4] Proceedings Of The National Academy Of Sciences (Pnas).

بنى بيوكيميائية معقدة. تظهر الدراسات في مجلّات الكيمياء الحيوية الأخرى ذات النتيجة: تسلسلات تتبعها تسلسلات لكن دون تفسيرات.

إنْ لم يكنْ هناك أجوبةٌ في المجلّات العلمية فربما يتعين عندها النظر في الكتب. افترض داروين نظريته الثورية في كتاب وكذلك فعل نيوتن. الميّزة في الكتاب أنَّهُ يمنح الكاتب مجالًا كبيرًا لتطوير أفكاره. فوضع فكرة جديدة في السياق وجلب أمثلة مناسبة وتفسير خطوات مفصلة كثيرة وشرح كثير من التفنيدات المسبقة -وجميعها تأخذ قدرًا كبيرًا من المساحة-. إنَّ المثال الجيد في أدبيّات التطوّر الحديث هو كتاب بعنوان (النظرية المعتدلة للتطوّر الجزيئي The Neutral Theory Of Molecular Evoution) من تأليف (موتو كيمورا Motoo Kimura).[20] في هذا الكتاب كان لديه المجال لتفسير فكرته بأنَّ معظمَ تغيّرات التسلسلات التي تحدث في الـ(DNA) والبروتينات لا تؤثر في طريقة تأدية وظائفها؛ فالطفرات معتدلة. المثال الثاني هو (أصول التنظيم The Origins Of Order) من تأليف (ستيوارت كوفمان Stuart Kauffman)، والذي يجادل فيه أنْ أصل الحياة والاستقلاب والبرامج الجينية ومخطط شكل الجسم جميعها بعيدة عن التفسير الداروينى لكن قد تبرز تلقائيًّا عبر التظيم الذاتي.[21] لا يفسر أيٌّ من الكتابين البنى البيوكيميائية: فعمل كيمورا يهتم ببساطة بالتسلسلات وعمل كوفمان عبارة عن تحليل رياضي، لكن ربما نجد هناك، في إحدى مكتبات العالم، كتاباً يخبرنا عن كيفية ظهور البنى البيوكيميائية النوعية.

لسوء الحظ لا يُظهر البحث بالحاسوب في فهارس المكتبات أيَّ كتاب يتحدث في ذلك. وهذا ليس مفاجئا للغاية في هذا اليوم والعصر؛ حتى الكتب مثل كتاب كيمورا وكوفمان التي تفترض نظريّات جديدة هي غالباً مسبوقة بأوراق بحثية حول مواضيع منشورة أولًا في مجلّات علمية. إنَّ غيابَ الأوراق البحثية حول تطوّر البنى البيوكيميائية في المجلّات يلغي تقريبًا أيَّةَ فرصة لنشر كتاب حول هذا الموضوع.

خلال بحث بالحاسوب عن الكتب في التطوّر البيوكيميائي، يعترضك عدد من العناوين الملفتة. على سبيل المثال، نشر كتاب من تأليف (جون جليسبي John Gillespie) عام ١٩٩١م ذو العنوان الملفت أسباب التطوّر الجزيئي؛ لكنه لا يهتم بنظم بيوكيميائية نوعية. فهو

كما في كتاب كوفمان عبارة عن تحليل رياضي يترك جميع الملامح النوعية للمتعضّيات مرجعًا إيَّاها إلى رموز رياضية وبعدها معالجة الرموز. الطبيعة متوازنة. -يجب أنْ أضيف بالطبع أنَّ الرياضيات أداةٌ فائقةُ القوة؛ لكنَّ الرياضيّات مفيدةٌ في العلم فقط عندما تكون الافتراضات التي يبدأ بها التحليل الرياضي صحيحة-.

نشر كتاب آخر في ذات السنة وهو بعنوان التطور على المستوى الجزيئي.[22] رغم أنَّه يبدو واعدًا إلَّا أنَّهُ ليس كتابًا من قبل أحد يطرح فكرة جديدة. هو من الكتب الأكاديمية الكثيرة التي تمثل مجموعة مقالات من قبل مؤلفين مختلفين، كلًا منها يعالج مجالًا معيّنًا بتعمّق لا يزيد عن مقالة في مجلّة. مما لا مفر منه أنَّ محتويات الكتاب تماثل بشدة محتويات المجلّات: كثير من التسلسلات، قليل من الرياضيّات ولا إجابات.

من الأنماط المختلفة بعض الشيء من الكتب هو الذي يبلغ عن نتائج من لقاء علمي. أقامت مختبرات كولد سبرينغ هاربور Cold Spring Harbor Laboratories في جزيرة لونج عددًا من اللقاءات في مواضيع مختلفة على مدى السنين. عقد لقاء هنالك عام ١٩٨٧م حول الموضوع (تطوّر الوظيفة التحفيزية)، ونشر حوالي مئة ورقة بحثية من قبل المشاركين على شكل كتاب.[23] وكما هو مألوف في كتب اللقاءات، حوالي ثلثي الأوراق البحثية هي ببساطة نظرات شاملة حول ما كان يجري في مختبر المؤلّف في ذلك الوقت مع قليل أو دون محاولة لربطه في سياق الكتاب. وفي الأوراق البحثية الأخرى معظمها عبارة عن تحليل التسلسلات وبعضها مهتم بكيمياء ما قبل الحياة أو الحفّازات البسيطة -ليس الآلية المعقدة في الكائنات المعروفة-.

من الممكن توسيع البحث، لكن النتائج هي ذاتها لم يكن هنالك لقاء أو كتاب أو ورقة بحثية حول تفاصيل لتطوّر النظم البيوكيميائية المعقدة.

التثاقف

يشك كثير من العلماء في قدرة الآليات الداروينية على تفسيرُ كامل الحياة. لكنَّ عددًا كبيرًا من العلماء يؤمنون بها. لكوننا فقط رأينا أنَّ الأدبيّات البيوكيميائية المهنية لا تحتوي على أوراق بحثية أو كتب تفسّر بالتفصيل كيف قد تكون نشأت النظم المعقدة، فلماذا الداروينية على أيٍّ

حال موثوقة من قبل كثير من البيوكيميائيين؟ جزء كبير من الإجابة دُرّس كجزء من التدريب البيوكيميائي لديهم على أنَّ الداروينية صحيحة. لفهم كل من نجاح الداروينية كمعتقد تقليدي وفشلها كعلم على المستوى الجزيئي علينا تفحص الكتب الدراسية المستعملة في تعليم العلماء الطموحين.

من أكثر النصوص نجاحًا في الكيمياء الحيوية على مدى عدة عقود مضت كانت قد كتبت عام ١٩٧٠م من قبل (ألبرت لينينجر Albert Lehninger) بروفيسور في الفيزياء البيولوجية في جامعة (جونز هوبكنز)، وحدِّثت عدة مرات على مدى سنوات. في الصفحة الأولى من الفصل الأول في أول كتاب دراسي له ذكر لينينجر التطوّر. ويسأل لماذا الجزيئات البيولوجية المتواجدة عمليًا في جميع الخلايا يبدو أنَّها ملائمة جيّدًا بشكل غير مألوف لمهامها:

في هذا الفصل الأول من سلسلة من ١٢ فصلًا مكرّسًا لبنى وخصائص الأصناف الرئيسية من الجزيئات البيولوجية، علينا تطوير فكرة بأن الجزيئات البيولوجية يجب أن تدرس من وجهتي نظر. علينا بالطبع اختبار بنيتها وخصائصها كما نفعل مع الجزيئات غير البيولوجية، عبر مبادئ وأساليب استعملت في الكيمياء التقليدية. لكن علينا أيضًا اختبارها في ضوء فرضية أنَّ الجزيئات البيولوجية هي نواتج للانتقاء التطوّري، أيْ أنَّها قد تكون الجزيئات الممكنة الأكثر ملاءمة لوظيفتها البيولوجية.[24]

كان لينينجر، وهو أستاذ جيّد، ينقل لتلاميذه رؤية المهنيين البيوكيميائيين للعالم: أنَّ التطوّرَ هامٌ لفهم الكيمياء الحيوية، وأنَّها مجرّد واحدة من وجهتي نظر والتي من خلالهما يمكنهم دراسة جزيئات الحياة. بالرغم أنَّ التلميذَ عديم الخبرة قد يؤخذ بكلمة لينينجر إلَّا أنَّ المراقب النزيه سيبحث عن دليل لأهمية التطوّر لدراسة الكيمياء الحيوية وهو موقع ممتاز للبدء به في فهرس الكتاب.

وفّر لينينجر فهرسًا مفصّلًا جدًّا في كتابه لمساعدة تلاميذه في العثور بسهولة على المعلومات. وعديد من المواضيع في الفهرس ذات أبواب متعددة لأنَّها يجب أنْ تؤخذ بالاعتبار في سياقات مختلفة. على سبيل المثال، للريبوزومات ٢١ بابًا في فهرس نسخة لينينجر الأولى؛

والاصطناع الضوئي فيه ٢٦ بابًا والبكتيريا E. coli لديها ٤٢ بابًا وتحت كلمة (بروتينات) يوجد ٧٠ مرجعا. بالكامل هنالك حوالي ٦٠٠٠ بابًا في الفهرس، لكن فقط اثنان تحت عنوان (التطوّر). الاقتباس الأول هو في مناقشة لتسلسلات البروتينات كما نوقش مسبقا، لكن على الرغم من أنَّ بيانات التسلسل من الممكن استعمالها للاستدلال على العلاقات إلّا أنّها لا يمكن استعمالها في تحديد كيف نشأت بنية بيوكيميائية معقدة. مرجع لينينجر الثاني هو فصل في أصل الحياة يناقش فيه أشباه البروتينات ومواضيع أخرى تصمد مع مرور الزمن.

مع مجرّد اقتباسين من أصل ٦٠٠٠ بابًا، يكذب الفهرس الذي وضعه لينينجر نصائحه التي يقدمها لتلاميذه بطريقة أستاذية بشأن أهمية التطوّر لدراساتهم. لقد ضَمّن لينينجر في الفهرس المذكور كل شيء ذو صلة تقريبا بالكيمياء الحيوية. وكما يبدو، بالرغم من ذلك، بالكاد نجد لموضوع التطور صلة بنما ههنا.

نشر لينينجر نسخة جديدة من كتابه عام ١٩٨٢م؛ ويحتوي فهرسه على مرجعين فقط للتطوّر من أصل ٧٠٠٠ بابا. وبعد موت لينينجر عام ١٩٨٦م حدّث (مايكل كوكس Michael Cox) و(ديفيد نيلسون David Nelson) من جامعة (ويسكونسن) نص عام ١٩٨٢م مع إعادة كتابته. أضاف المؤلّفون ما يلي في المقدّمة أسفل قائمة من الأهداف:

لعرض تأكيد واضح ومتكرر حول مواضيع رئيسية خاصة تلك المتعلّقة بالتطوُّر، والديناميكا الحرارية، والتنظيم، والعلاقة بين البنية والوظيفة.[25]

في الواقع، في فهرس النسخة الجديدة هنالك ٢٢ مرجعًا للتطوّر من أصل ٨٠٠٠، وهي زيادة بأكثر من عشرة أضعاف النسخة السابقة. لكن عندما نتخطى كيمياء أصل الحياة ومقارنات التسلسلات –المرجِعان موجودان في نص لينينجر السابق– نجد أنَّ النسخة الجديدة تستعمل كلمة تطوّر كعصا ساحر تلوح فوق الأحجيات. على سبيل المثال، إحدى الاقتباسات كانت من (التطوّر، تكيّف حوت العنبر). عندما نقلب نحو الصفحة المشار إليها، نتعلّم أنَّ حيتان العنبر لديها عدة أطنانٌ من الزيت في رؤوسها والذي يصبح أكثر كثافة في درجات الحرارة الباردة. يسمح هذا للحوت بمطابقة كثافة الماء في الأعماق السحيقة حيث تغوص وتسبح بالعادة بسهولة أكبر. بعد وصف الحوت أضاف الكتاب تعليقًا: "لذلك نلحظ في حوت

العنبر تكيّفًا تشريحيًّا وبيوكيميائيًّا ملحوظًا صقل عبر التطوّر".[26] لكن هل ذلك السطر الوحيدة هو كل ما قد قيل أصبح الحوت مميّزاً بالعبارة (مصقول عبر التطوّر) وانتهى الأمر. لم يقدّم المؤلف أيَّةَ محاولة لتفسير كيف اتفق لحوت النطاف أن يمتلك تلك البنية.

يمكن وضع جميع المراجع الإضافية للتطوّر في النسخ الأحدث لنص لينينجر ضمن ثلاث فئات: تشابه التسلسلات وتعليقات حول أصل الخلايا، وادّعاء صفة ما للتطوّر دون دعم بالدليل. لكن لا يمكن لأي من هذه الفئات، حتى بالمبدأ، أن تخبرنا كيف نشأت الآلية الجزيئية خطوة بخطوة. لا يوجد في أي مثال سبيل مفصّل قد يكون نشأ عبره نظام بيوكيميائي معقّد بأسلوب دارويني.

تظهر دراسة لثلاثين كتاب دراسي في الكيمياء الحيوية -لخّصت في الجدول (1-8)- استعملت في جامعات كبرى على مدى الجيل السابق أنَّ الكتب الدراسية تتجاهل التطوّر كليا. على سبيل المثال كتب (توماس ديفلين Thomas Devlin) من جامعة (جيفيرسون) في فيليدلفيا كتابًا في الكيمياء الحيوية.

Author	Year	Publisher	Total Number of Entries in Index	Entries Referring to Evolution
Lehninger	1970	Worth	6,000	2
Lehninger	1982	Worth	7,000	2
Lehninger et al.	1993	Worth	8,000	22
Devlin	1982	John Wiley & Sons	3,500	0
Devlin	1986	John Wiley & Sons	2,500	0
Devlin	1992	Wiley-Liss	5,000	0
Stryer	1975	Freeman	3,000	0
Stryer	1981	Freeman	4,000	0
Stryer	1988	Freeman	4,000	14
Stryer	1995	Freeman	4,000	9
Voet & Voet	1990	John Wiley & Sons	9,000	12
Voet & Voet	1995	John Wiley & Sons	10,000	13
Mathews & van Holde	1990	Benjamin Cummings	6,000	9
Horton et al.	1993	Prentice Hall	4,500	11
Moran et al.	1994	Prentice Hall	9,000	12
Zubay	1983	Addison Wesley	5,000	1
Zubay	1988	Macmillan	5,000	3
Zuday	1993	Wm. C. Brown	6,000	19
Zubay et al.	1995	Wm. C. Brown	7,000	2
Armstrong & Bennett	1979	Oxford University	2,500	0
Armstrong	1983	Oxford University	3,000	0
Armstrong	1989	Oxford University	4,000	0
Scheve	1984	Allyn and Bacon	3,000	0
Abeles et al.	1992	Jones and Bartlett	4,500	0
Garrett & Grisham	1995	Harcourt Brace	6,000	5
Wood et al.	1981	Benjamin Cummings	4,000	1
Conn & Stumpf	1976	John Wiley & Sons	2,500	0
Conn et al.	1987	John Wiley & Sons	2,500	1
Kuchel & Ralston	1988	McGraw-Hill	3,500	0
Gilbert	1992	McGraw-Hill	1,000	0

(الشكل ٨-١): الإشارة للتطوّر في فهارس الكتب الدراسية للكيمياء الحيوية.

نشر لأول مرة من قبل (جون ويلي John Wiley) وأبناؤه عام ١٩٨٢م وتبعه نسختين جديدتين في عامي ١٩٨٦م و١٩٩٢م. النسخة الأولى وقعت في حوالي ٢٥٠٠ باب في الفهرس والثانية أيضًا ذات ٢٥٠٠ باب والثالثة في ٥٠٠٠ بابا. وفي هذه النسخ، كان عدد

الأبواب المشيرة للتطوّر صفر، وصفر، وصفر على التوالي. يعد كتاب دراسي من تأليف (فرانك آرمسترونج Frank Armstrong) من جامعة ولاية كارولينا الشمالية، ونشر بواسطة دار نشر جامعة أوكسفورد، الكتاب الحديث الوحيد الذي تضمّن فصلًا تاريخيًّا يراجع التطوّرات الهامة في الكيمياء الحيوية، ابتداءً من اصطناع اليوريا من قبل (فريدريش فولر Friedrich Wohler) عام ١٨٢٨م. ولم يذكر الفصل داروين أو التطوّر. وفي ثلاث طبعات من كتاب (آرمسترونغ) لم يكن من الضروري ذكر التطوّر في الفهرس. وفي كتاب دراسي آخر نشر من قبل (جون وايلي) وأبنائه كان هنالك تنويه على التطوّر في فهرسه من أصل حوالي ٢٥٠٠ باب. وكان يشير التنويه لجملة في الصفحة ٤: "تطوّرت الكائنات وتكيّفت للظروف المتبدّلة على مدى الزمن الجيولوجي واستمرّت بذلك."[27] ولم يذكر أكثر من ذلك.

تبذل بعض الكتب الدراسية جهدًا مركّزًا لتطبع في أذهان التلاميذ نظرة تطوّرية للعالم. على سبيل المثال، يحتوي كتاب دراسي من تأليف (فويت Voet) وفويت على رسم مذهل كامل الألوان يلتقط بجمال وجهة النظر التقليدية.[28] ويوضّح الثلث الأعلى من السم بركانا وصاعقة ومحيطًا وقليلًا من أشعة الشمس، مشيرًا لكيفية بدء الحياة. ومنتصف الصورة يحتوي على رسم تصميمي لجزيء (DNA) خارج من محيط أصل الحياة ويدخل إلى خلية جرثومية ليوضّح كيف تطوّرت الحياة. والثلث الأسفل من الصورة –ومن دون مزاح– هو كجنة عدن موضّحًا عددًا من الحيوانات التي نتجت عبر التطوّر الدائر. ومن ضمن الحشد هنالك رجل وامرأة –المرأة تقدّم تفاحة للرجل– وكلاهما جذابان ويرتديان جلد الثور. يضيف هذا من دون شك مزيدًا من الاهتمام للتلاميذ، لكن هذا الرسم مهيّج. فهو يَعُد فهم الصورة بكشف أسرار التطوّر لكنه لم يتم أبداً.[29]

يتعلّم كثير من التلاميذ من كتبهم الدراسية كيفية رؤية العالم عبر عدسة تطوّرية. لكن على أيِّ حال لا يتعلّمون كيف أمكن للتطوّر الداروويني أن ينتجَ أيًّا من النظم البيوكيميائية مذهلة التعقيد التي تصفها تلك النصوص.

كيف عرفت؟

كيف يتأتى لنا معرفة ما ندعي معرفته، ليس على مستوى مفهوم فلسفي عميق، وإنما على مستوى عملي يومي؟ في يوم ما قد تقول لأحد ما: إنَّك تعلم أنَّ غرفة المعيشة في بيتك مطلية باللون الأخضر أو أنك تعلم أنَّ فريق نسور فيلاديلفيا سيربح مباراة البولينغ الكبرى وأنك تعلم أنَّ الأرض تدور حول الشمس وأن الديموقراطية هي الشكل الأفضل من الحكم وأنك تعلم الطريق إلى سان خوسيه San Jose.* من الواضح أنَّ هذه التوكيدات مبنية على طرق معرفية مختلفة. لكن ما هي؟

السبيل الأول لمعرفة شيء ما هو بالطبع عبر الخبرة الشخصية. فأنت تعلم أنَّ غرفة المعيشة في بيتك مطليةٌ باللون الأخضر لأنَّك تجلس في غرفة المعيشة وترى أنَّها باللون الأخضر. -لن أقلق في هذه الحالة حول أمور مثل أنَّه كيف تعلم إنْ لم تكن تحلم أو أنَّك مجنون أو ما إلى ذلك- وبشكل مشابه أنت تعلم ما هو الطير وكيف تعمل الجاذبية -أيضًا بمفهوم اعتيادي- وكيف تصل لأقرب سوق تجاري وجميعها عبر الخبرة الشخصية.

والسبيل الثاني لمعرفة الأشياء هو عبر السلطة. أيْ أنَّك تعتمد على مصدر ما للمعلومات، مؤمن بأنَّهُ جدير بالثقة وذلك عندما لا تمتلك أيّة خبرة من ناحيتك الشخصية. لذلك فكل شخص تقريبًا ذهب للمدرسة يؤمن بأنَّ الأرض تدور حول الشمس حتى وإنْ كان قليلٌ جدًا من الأفراد قادرين على إخبارك كيف لأيِّ شخص أنْ يكتشف تلك الحركة. فأنت تعتمد على السلطة فإنْ سئلت عن الطريق نحو (سان خوسيه) فتجيب بنعم وتخرج الخريطة. قد تكون قادرًا على اختبار مصداقية الخريطة شخصيًا باستعمالها للسفر نحو سان خوسيه، لكن إلى أنْ تقوم بذلك فأنت تعتمد على السلطة. يعتقد كثير من الناس أنَّ الديموقراطية هي الأفضل من بين الأشكال الأخرى من الحكم حتى وإنْ لم يعيشوا تحت كنف أي نمط آخر. فهم يعتمدون على سلطة الكتب الدراسية والسياسيين، وربما على الأوصاف اللفظية أو التصويرية لما هو في المجتمعات الأخرى. بالطبع تقوم المجتمعات الأخرى بذات الأمر ومعظم مناصريهم يعتمدون على السلطة.

---

* مدينة في غرب كاليفورنيا.

لكن ماذا عن فريق النسور هذا؟ كيف تعلم أنَّهم سيفوزون بالكاس هذه السنة؟ إنْ أجبرت فربما تعترف أنَّهُ لا يوجد معلّق رياضي انتقى هذا الفريق لكي يفوز، لذلك فأنت لا تعتمد على السلطة. فضلًا على ذلك ليس لديك معلومات مباشرة لنقل أنَّ بعض اللاعبين يتدرّبون بالسر على يد مدرّب Zen Master له تقنياته الروحية الخاصة، والذي يعدهم بزيادة رشاقتهم للغاية. وأنت لا تعتمد في قرارك على أدائهم في الفترة السابقة، والذي كان عادياً إلى سيء. وإن شدّد عليك كثيراً قد تشير للنجاحات في الماضي البعيد -مثل بطولاتهم عام ١٩٤٨م، و١٩٤٩م، و١٩٦٠م، أو ظهورهم في بطولة البولينغ الكبرى عام ١٩٨١م- وتقول: إنَّك تعلم أنَّهم في طريقهم للنجاح هذه السنة. وعليه فأنت في الواقع لا تعلم أنَّ فريق النسور هذا سيربح هذه السنة؛ فهذا كان مجرّد تعبير مجازي. فإصرارك لا يعتمد على الخبرة أو حتى السلطة. فهو مجرّد ثرثرة.

العلماء أناس أيضًا، وبالتالي يمكننا أنْ نسأل كيف يعلم العلماء ما يدّعون أنهم يعلمونه. كما هو الأمر مع أي شخص آخر، يعلم العلماء الأمورَ إما عن طريق خبرتهم الشخصية أو السلطة. في خمسينات القرن الماضي رأى (واطسون وكريك Watson And Crick) طرازًا للانعراج ينتج عن لمعان أشعة X على ألياف الـ(DNA)، وباللجوء لقدراتهم الحسابية، قاما بتحديد بنية الـDNA بأنَّها على شكل حلزون مضاعف. فهم يعلمون ذلك عبر خبرتهم الشخصية. وكطالب قبل التخرّج يتعلّم المرء أنَّ الـ(DNA) عبارة عن حلزون مضاعف، لكن لم يقم أبدًا بإجراء التجربة لإظهار ذلك؛ فهو يعتمد على السلطة. يعتمد جميع العلماء على السلطة في كامل معرفتهم العلمية تقريباً. إنْ سألت عالمًا كيف يعلم بنية الكولستيرول أوْ سلوك الهيموغلوبين أوْ دور الفيتامينات فسيشير تقريبًا دومًا للأدبيّات العلمية عوضًا عن سجلّاته الخاصة بما قام به في مختبره.

لكن الشيء الجميل في العلم هو سهولة تحديد السلطة: فهي في المكتبة. من الممكن تتبع عمل واطسون وكريك على بنية الـDNA وأن تقرأ في مجلة نيتشر Nature. ومن الممكن العثور على بنية الكولستيرول والأشياء الأخرى هنالك أيضا. لذلك يمكننا القول إنَّا نعلم بنية الـ(DNA) أو الكولستيرول اعتمادًا على السلطة العلمية إنْ كانت الأوراق البحثية على تلك

المواضيع هي في الأدبيّات. إن أصدر (جيمس واطسون) أو هيئة علمية رئاسية حكمًا بأنَّ الـDNA كان مصنوعًا من الجبنة الخضراء، لكن لم ينشر دليل داعم في الأدبيّات عندها ليس بمقدورنا القول: إنَّ اعتقاداً بالـDNA الجبني كان معتمدًا على السلطة العلمية. فالسلطة العلمية تعتمد على العمل المنشور، وليس على أحلام الأفراد. بالإضافة لذلك، يجب أن يحتوي العمل المنشور أيضاً على دليل وثيق الصلة. إن نشر واطسون عبارة مجرّدة حول التركيب الرائب للـDNA في ورقة بحثية مكرّسة بشدة لشيء آخر، لكن بشرط عدم وجود دعم ذو صلة، عندها نبقى دون سلطة علمية لدعم هذا الادعاء.

التطوّر الجزيئي ليس معتمداً على السلطة العلمية. لا يوجد أيُّ منشورٍ في الأدبيّات العلمية -في المجّلات المعتبرة أوْ المجّلات المتخصصة أوْ الكتب- يصف التطوّر الجزيئي لأيّ نظام بيوكيميائي حقيقي معقّد سواء حول تواجده أو حتى كيف نظن أنَّهُ تواجد سابقا. هنالك توكيدات على وجود مثل هذا التطوّر، لكن بالطبع ليس أيٌّ منها مدعومًا بالتجارب أو الحسابات ذات الصلة. ولأنه لا أحد يعلم بوجود التطوّر الجزيئي عبر الخبرة المباشرة، ولكونه لا يوجد سلطة تعتمد عليها الادعاءات بالمعرفة، فمن الممكن القول بصدق -مثل الجدل بأنَّ فريق النسور سيفوز في بطولة البولينغ الكبرى هذه السنة- أنَّ التوكيد على التطوّر الجزيئي الدارويني هو مجرّد تبجح.

(إما أن تنشر وإما أن تفنى) هو مثَل يتخذه الأكاديميين بجدية. إنْ لم تنشر عملك لبقية المجتمع للتقييم عندها ليس لديك وجود في العمل الأكاديمي -وإنْ لم تكن مثبَّت في العمل مسبقا فإنك ستطرد. لكن من الممكن إطلاق هذا القول على النظريّات كذلك. إنْ كانت نظرية تدّعي أنها قادرة على تفسير ظاهرة ما لكنها لا تقوم بأيَّة محاولة في التفسير عندها يجب أنْ تلغى. فبالرغم من مقارنة التسلسلات والنمذجة الرياضية إلَّا أنَّ التطوّر الجزيئي لم يجب أبدًا على السؤال كيف ظهرت البنى المعقدة. في الواقع، لم تقم نظرية التطوّر الجزيئي الدارويني بالنشر، وبالتالي يجب أن تفنى.

الفصل التاسع

التصميم الذكي

ما الذي يحصل هنا؟

لقد ثبت عجْزُ النظرية الداروينية عن تفسير الأُسُس الجزيئية للحياة ليس مقابل التحليل المقدم في هذا الكتاب فقط بل بسبب الغياب التام لأيِّ نموذج مفصل يمكن من خلاله تفسير نشوء الأنظمة البيوكيمائية الحديثة في الأدبيات العلمية الاختصاصية، كما بينّا في الفصل الثامن، يصاب الوسط العلمي بالشلل تماما عند مواجهة التعقيد المُذْهل الذي كشفت عنه الكيمياء الحيوية الحديثة في الخلية، لا يستطيع أحدٌ في جامعة (هارفرد) ولا أحد في المعهد الوطني للصحة، ولا أحد في الأكاديمية الوطنية للعلوم، ولا أيّ حاصلٍ على جائزة نوبل أنْ يعطي تفسيرا مفصلا وَفْقَ الطراز الداروني لتطور محتمل لعملية الإبصار أو شلال عمليات التخثر أو الأهداب البكتيرية أو أيّة عملية بيوكيميائية معقدة أخرى.

ولكننا نوجد على الأرض وكذلك النباتات والحيوانات موجودة هنا والأنظمة الحيوية المعقدة هنا، لقد وصلت كل هذه الكائنات إلى هنا بطريقة ما: إنْ لم تكن عبر الطراز الداروني فكيف وصلت إذا؟

من الجلي إنْ لم يوجدْ شيءٌ تدريجيا فلا بُدَّ أنَّه قد وجد بتجميع سريع أو فجأة، وإنْ لم تحدث إضافة أجزاء مفردة تقدماً في وظيفة الجهاز فلا بُدَّ من وضْع العديد من الأجزاء مع بعضها البعض دفعة واحدة، لقد اقترح العلماء في السنوات الأخيرة طريقتين لعملية التجميع السريعة. ولنلق نظرة سريعة على تلك الافتراضات ثم ننظر بعمق في بديل ثالث.

تمَّ طرْحُ البديل الأول لعملية التدرج من قبل (لين مارغوليس Lynn Margulis) فاقترحت بدل المنظور الداروني للتطور القائم على التنافس والصراع أنْ يتمَّ التطور عبر التعاون والتعايش بين الكائنات، فالكائنات وفق رؤيتها تساعد بعضها البعض وباجْتماع القوى في ما بينها تنجز ما لا تستطيع إنجازه منفردة، طرحت الفكرة وقت كانت طالبة دراسات عليا لتجيب عن معضلات البنى الخلوية وبالرغم مما واجهها بداية من التسفيه والسخرية نالت مارغوليس القَبول بصعوبة في نهاية الأمر، ثم تلقوها باستحسان –فقد تم انتخابها عضوة في الأكاديمية الوطنية للعلوم– بسبب فكرتها التي تنصُّ على أنَّ أجزاءَ من الخليَّة كانتْ في ما مضى كائنًا حيًّا مستقلا.

تكون الخلايا حقيقيَّةَ النوى متخمةً بالآلات الجزيئية المعقدة المنفصلة ومرتبة في عدد من المكونات المفردة، وأكبر مكوناتها النواة التي يمكن أنْ ترى حتى بمجهر بدائي من القرن

السابع عشر، ولم يتم اكتشاف المكونات الأصغر حتى تطورت المجاهر وأصبحت متوافرة في أواخر القرن التاسع عشر والقرن العشرين، ومن أصغر المكونات في الخلية جسيم الميتوكوندريا.

ربما علينا القولُ بأنَّ الميتوكوندريا تشكل أغلبية المكونات الصغيرة في الخلية: حيث تحتوي الخلية الاعتيادية على حوالي ألفين منها وتشغل حوالي ٢٠% من حجم الخلية، ويحتوي كل مكوِّنٍ صغيرٍ على آلية ضرورية لالتقاط الطَّاقة من المكوِّنات الغذائية ثُمَّ تخزِّنُها في أشكال كيميائية مستقرة وجاهزة للاستخدام في نفس الوقت. إنَّ الآليات الميتوكوندرية التي تقوم بهذا معقدة جدا، فيستخدم النظامُ تدفقا من الحمض لتشغل آلاته التي تبادل الإلكترونات بين بضع مركبات حاملة مما يتطلبُ تفاعلا خلابًا رائعا بين العديد من المكونات.

حجم وشكل الميتوكوندريا يعادل حجم وشكل الخلايا البكتيرية الحرة الحية، افترضت لين مارغوليس حدوث (ابْتلاعٍ) من خلية كبيرة لخلية بكتيرية صغيرة في وقتٍ ما من أوقات الأرض القديمة، ولكن بدل هضمها تعايشت الخليتان معاً إحداهما ضمن الأخرى إلى الآن وتكيفتا مع الوضع.

تلقت الخلية الأصغر المواد المغذية من الخلية الأكبر وفي المقابل قامت الخلية الصغيرة بتقديم بعض الطاقة الكيميائية التي خزنتها إلى الخلية الكبيرة، وعندما تكاثرت الخلية الكبيرة تكاثرت معها الخلية الصغيرة أيضا، ولا تزال ذريتها مستمرة في الإقامة داخل الثوي المستضيف ومع مرور الزمن فقدتْ الخلية المتعايشةُ العديدَ من أنظمتها الخاصة بها كخلية مستقلة وتخصصت أكثر في تقديم الطاقة إلى الخلية المضيفة، وفي النهاية الأمر تحولت إلى جسيم الميتوكوندريا -المتقدرة-.

تلاشت تلك الضحكات المكتومة والابتسامات المتكلفة التي قوبلت بها افتراضات مارغوليس بعد ظهور تقنيات جديدة لتحديد التسلسل تمَّ تطويرها بعد أنْ اقترحت نظريتها، وقد أظهرت مقارنة هذه التسلسلات أنَّ البروتينات الميتوكوندرية أكثر شبها بالبروتينات الجرثومية من تركيب بروتينات الخلية المضيفة، ثم لوحظت تشابهات أخرى بين الميتوكوندريا والجراثيم، وبالإضافة إلى ذلك يشير مناصري فكرة الأصل التعايشي للميتوكوندريا إلى الخلايا المتعايشة في المتعضيات المعاصرة لدعم نظريتهم -فعلى سبيل المثال- هناك نوع من الديدان المسطحة

لا يملك أيّ فمٍ لأنَّهُ لا يقوم بالأكل نهائيا لاحتوائه على طحالبَ تقوم بعملية التركيب الضوئي وتمدُّهُ بالطاقة اللازمة، ومثل هذا الدَّليل عزَّز من موقف النظرية، ومن ثم أصبحت نظرية مارغوليس المعنية بمنشأ الميتوكوندريا البكتيري من النظريات الراسخة في الكتب التدريسية.

خلال عقدين من الزمن افترضت مارغوليس وعلماء آخرين دوريا بأنَّ مكونات خلوية أخرى قد نشأت نتيجة التعايش، لكن هذه الاقتراحات لا تلقى القبول الواسع، ولنفترض جدلا أن التعايش الذي ارتأته مارغوليس كان أمرا مألوفا خلال تاريخ الحياة حقيقة، فالسؤال الهام الذي يجابه المختص البيوكيميائي: هل يستطيع التعايش أن يفسّر أصلَ التعقيد في النظم البيوكيميائية؟

من المؤكد أنَّهُ لا يستطيع. إنَّ جوهر التعايش هو ارتباط خليتين منفصلتين أو نظامين منفصلين، يعمل كلاهما بشكل مستقل قبل التعايش. في سيناريو نشوء الميتوكوندريا دخلت خلية موجودة مسبقاً في علاقة تعايشية مع خلية أخرى، ولكن لم تقدم مارغوليس أو أي أحد غيرها شرحًا مفصلا لكيفية نشوء الخلايا الموجودة سلفًا في المقام الأول. يفترض داعمو نظرية التعايش الميتوكوندرية صراحة أنَّ الخلايا الغازيةَ كانتْ تنتجُ الطاقة من المواد الغذائية، كما يفترضون صراحةً أنَّ الخلية المضيفة كانت قادرةً على الاحتفاظ ببيئة داخلية مستقرة تنفع الخلية المتعايشة.

لأنَّ التعايشَ يبدأ بأنظمة معقَّدة تعمل مسبقا، فلا يمكنه تفسير نشوء الأنظمة البيوكيماوية الأساسية التي ناقشناها في هذا الكتاب، قد تملك نظرية التعايش وجهات نظر مهمة في تطور الحياة على سطح الأرض، ولكنها لا تشرح الأصل الأول للأنظمة المعقدة.

أما البديل الثاني المقترح مؤخرا للتدرجية الداروينية فاسمه (نظرية التعقيد complexity theory) طرحها (ستوارت كوفمان Stuart Kauffman)، وتنص النظرية باختصار أنَّ الأنظمة التي تمتلك عددًا كبيرًا من المكونات المتفاعلة تنظم نفسها عفويًّا إلى أنماط مرتبة فيوجد أحيانا عدة أنماط متوافرة للأنظمة المعقدة، وعندما يعصف (الاضطرابُ) بالنّظام قد ينقله من نمط تعقيد ما إلى نمط آخر، يفترض كوفمان أنَّ المواد الكيميائية في الحساء الحيوي البدائي نظمت نفسها بنفسها إلى مسارات استقلابية معقدة، ثم افترض لاحقا أنَّ الانتقال بين (أنماط) مختلفة من الخلايا –كما يحدث عندما تبدأ متعضية نامية من بويضة ملقحة فقط ثم تتابع فتصنع خلايا الكبد، والجلد، إلخ– ما هو إلَّا اضطراب للأنظمة المعقدة نتيجة التنظيم الذاتي الذي تصوره كوفمان.

قد يبدو الشرح السابق غامضا إلى حد ما، وبعض الغموض جاء بلا شك نتيجة ضعف قدرتي على الشرح، ولكن السبب الأهم للغموض حقيقة أنَّ نظرية التعقيد بدأت كمفهوم رياضي لوصف سلوك بعض البرامج الحاسوبية، ولمّا ينجح مؤيدو هذا الطرح في ربطه بالحياة الواقعية بعد، إلى حدٍ ما فإن النمط الرئيسي لجدلية مؤيدي نظرية التعقيد يكمن في التأكيد على أن سلوك البرامج الحاسوبية الذي يشيرون إليه يحاكي سلوك الأنظمة الحيوية، فعلى سبيل المثال كتب كوفمان حول التغيرات (التي يسميها طفرات) في بعض البرامج الحاسوبية قائلا:

"لمعظم الطفرات عواقب ضئيلة بسبب طبيعة النظام (المقاوم للتغيير)، ولكن بضع طفرات أحدثت شلالات أكبر من التغييرات ولذا فإن الأنظمة المتوازنة ستسعى مباشرة وطبيعيًّا إلى التكيف مع بيئة متغيرة تدريجيا، ولكن إن دعت الضرورة يمكنها أحيانا أن تتغير سريعا وهذه الخصائص مشاهدة في المتعضيات".[١]

بعبارة أخرى قد تسبب بعض التغيرات الطفيفة في البرنامج الحاسوبي تغيرات كبيرة في نواتج البرنامج (عادة نمط من النقاط على شاشة الحاسب)، وبالقياس قد تسبب تغيرات طفيفة في الـ(DNA) تغيرات بيولوجية كبيرة منسقة، ولا تذهب الحجة أبعد من هذا الحد فلم يدخل إلى الآن أيُّ مؤيد لنظرية التعقيد إلى مختبر ويجرب مزج كيماويات متنوعة جدا في أنبوب اختبار ثم ينتظر الظهور العفوي للأنظمة الاستقلابية المذهلة ذاتية الترتيب، ولو حاولوا القيام بتجربةٍ كهذه فسوف يكررون ببساطة العمل المخيب للآمال الذي قام به علماء أصل الحياة قبلهم منذ أمد بعيد، والذين شهدوا على أن تلك المزائج المعقدة لا تنتج سوى كميات من الوحل الملتصق بجدران وعاء التجربة فقط.

في كتابه المخصص لهذا الموضوع استغرق كوفمان بتأملاته حول نظرية التعقيد إلى أنّها لا تفسر فقط أصل الحياة وعملية الاستقلاب بل ستفسر أيضا أشكال الأجسام والعلاقات البيئية وكذلك علم النفس والأنماط الثقافية وعلم الاقتصاد.[٢]

ولكن نتيجة غموض نظرية التعقيد بدأ بعض مناصريها الأوائل بتركها، وقد بادرت (مجلة العلوم الأمريكية Scientific American) إلى نشر مقالات تؤيد نظرية التعقيد خلال عدة سنوات –منها مقال كتبه كوفمان ذاته–، وقد طرحت سؤالا على غلاف عددها الصادر في 6-1995م: هل تعتبر نظرية التعقيد دجلا؟ وفي داخل المجلة وجد مقال بعنوان (من نظرية التعقيد

إلى الحيرة) وذكر ما يلي: "الحياة الاصطناعية التي هي حقل فرعي رئيسي من دراسات نظرية التعقيد، علمٌ يخلو من الحقائق كما يقول أحد منتقديها؛ ولكنَّها متفوقة في إنتاج أشكال حاسوبية.

بعض المؤيدين لنظرية التعقيد بالفعل يرون دلالة مهمة لإمكانية أن يكتبوا برنامجا حاسوبيا صغيرا يعرض صورا على شاشة الحاسوب تحاكي أشكالا حيوية كصدفة البطلينوس -نوع من السمك- مثلا، ولكن البيولوجي أو البيوكيميائي يرغب في معرفة هل إذا ما فتحت محارة بطلينوس الحاسوب سترى اللؤلؤة داخلها؟ ولو كبرت الصورة بما يكفي هل سترى الأهداب والريبوزومات والميتوكوندريا وأنظمة النقل داخل الخلية وباقي الأنظمة التي تحتاجها الكائنات الحقيقية؟ تكمن الإجابة في السؤال نفسه، يخبرنا كوفمان في المقال أنَّهُ عند نقْطة ما تنْجرف الحياة الاصطناعية إلى مكان حيْثُ لا أعرف الحدود ما بين الحديث عن العالم -أقصد كل شيء موجود بالخارج- وبين الألعاب الحاسوبية المنظمة والأشكال الفنية والألعاب، وكثير من الناس بدؤوا بالاعتقاد أن مرحلة الانجراف حدث في وقت مبكر جدا.

ولنفترض جدلا أنَّ نظرية التعقيد صحيحة أيْ أنَّ المزائج المعقدة نظمت نفسها بطريقة ما وأنَّ للنظرية حلا تقدمه بخصوص أصل الحياة، فلو سلَّمْنا بالفروض التي طرحتها هل يمكن لنظرية التعقيد أنْ تشْرَحَ تعقيدَ الأنظمة البيوكيميائية التي ناقشناها في هذا الكتاب؟ لا أعتقد ذلك. إنَّ ما تتصوره النظرية من مزيج معقد من الكيماويات المتفاعلة قد تكون حصلت قبل تطور الحياة -ونقول مجددا على الرغم من عدم وجود أيِّ دليل يدعم هذا الاقتراح عمليا-، ولكن هذا المزيج يفقد أهميته عندما تبدأ الحياة الخلوية، فجوهر الحياة الخلوية هو التنظيم: إذ تتحكم الخلية بكمية ونوعية الكيماويات التي تصنعها وتموت عند فقد هذا التحكم. ولا تسمح البيئة الخلوية المضبوطة بحدوث التفاعلات العفوية بين المواد الكيميائية -وغير المحددة دوما- التي يحتاجها كوفمان لأن الخلية القابلة للحياة تبقي على موادها الكيماوية مقيدة في أضيق الحدود، وتميل إلى منع تنظيم مسار استقلابي معقد جديد عبر الصدفة.

لنفترض أيضاً أنَّ نمط الجينات التي تنشط وتتوقف في الخلية وترتبط باختلاف أنواع الخلايا، يمكنها أنْ تنتقلَ بين النشاط والتوقف طبقا لنظريات ستوارت-كوفمان. يتشكل الاختلاف بين الخلايا عندما تتفاعل جينات مختلفة أو تتوقف، فمثلا جينات الهيموغلوبين -

البروتين الحامل للأوكسيجين إلى النسج- تتفاعل في الخلايا التي تُكون الكريات الدموية الحمراء، ولكنها تتوقف في باقي خلايا الجسم. وعلى الرغم من عدم وجود أي دليل على هذا فلنفترض أنَّ نظرية التعقيد تفسر شيئا عن مفتاح تنشيط الجينات فيجعل أحدها خليَّة دمٍ حمراء وأخرى خلية عصبية؛ هل يمكن لهذا الأمرِ أنْ يفسرَ لنا أصلَ الأنظمة البيوكيميائية المعقدة؟ لا، فنظرية التعقيد تشبه نظرية التعايش من هذا الجانب إذ تتطلب وجودا مسبقا لأنظمة فاعلة وظيفيا، وهكذا إنْ أوقفتْ خليةٌ ما نشاطَ معظم جيناتها باستثناء الجينات التي تصنع الهيموغلوبين فربما تتحول إلى خلية دم حمراء، وإنْ قامتْ خليةٌ أخرى بتفعيل مجموعة جينة أخرى فربما تقوم بتصنيع البروتينات المميزة لخلية عصبية. ولكن لا توجد أي خلية حقيقية النواة يمكنها فجأة أن تحول جينات موجودة مسبقاً لتصنع سوطاً بكتيرياً، لأنه لا يوجد في الخلية حقيقة النواة أية بروتينات تعمل بتلك الطريقة في المقام الأول، فالطريقة الوحيدة التي تمكن الخلية من اصطناع السوط البكتيري عندما توجد بنيته مشفرة مسبقاً في الـ(DNA) الخاص بالخلية ولم يدعِ كوفمان في الواقع أبدًا أنَّ بنية جديدة ومعقدة كهذه يمكن أن تظهر بشكل مفاجئ وفقاً لنظرية التعقيد.

قد تقدِّم نظريةَ التعقيد مساهمات مهمة في الرياضيات، وقد تقدِّم إسهاما ضئيلا في الكيمياء الحيوية، ولكنها لا تفسر أصل البنى البيوكيميائية المعقدة التي شكلت الحياة بل لا تحاول ذلك.

تحري وجود التصميم

لنتخيل غرفة فارغة فيها جثة محطمة ومسطحة كالفطيرة يحوم حولها ثُلَّةٌ من المحققين يتفحصون الأرض بالعدسات المكبرة للبحث عن أي دليل للتعرف على الجاني. ويقف في وسط الغرفة بجوار الجثة فيلٌ رمادي كبير لكن المحققين يتجنبون أثناء البحث الاصطدام بأقدام هذا الحيوان الضخم ذي الجلد السميك ولا ينظرون نظرة واحدة إليه، مع مرور الزمن يصاب المحققون بالإحباط لقلة تقدمهم ولكنهم يصرون على إيجاد النتائج، فيبحثون في الأرض أكثر وأكثر. لأنَّه كما نعلم تتحدث الكتب المدرسية عنَ أنَّ المحققين يجب أنْ يجدوا (الرجلَ الفاعل)، ولذلك لا يأخذون بعين الاعتبار الفيلة، هناك فيل في الغرفة المليئة بالعلماء والذي يحاولون شرح تطورَ الحياة. يحمل هذا الفيلَ لافتةً عنوانها (التصميم الذكي)، إنَّ

الشخصَ الذي لا يشعر بالإلزام بتقييد بحثه العلمي ضمن أسباب غير ذكية، يستنتج مباشرة أن العديد من الأنظمة البيوكيميائية قد صممت ولم تصمم من قبل قوانين الطبيعة، وليس من قبل الصدفة والحتمية، بل قد خطط لها. فالمصمم علم كيف ستبدو الأنظمة بعد تمام تصميمها ثُمَّ اتخذ الخطوات اللازمة لإيجاد هذه الأنظمة، إنَّ الحياة على الأرض في أعمق أسسها، وأهم مكوناتها الحساسة، ثمرة فعل حكيم.

إنَّ نتيجةَ وجودَ التصميم الذكي أتتْ طبيعيًّا من البيانات ذاتها وليس من الكتب المقدسة أو الاعتقادات الدينية، فالاستدلال على أنَّ الأنظمةَ البيوكيميائية صممها مصممٌ حكيم، عملية مرتبة لا تتطلب أسس منطقية أو علمية مبتكرة. فهي تستدل ببساطة من العمل الكبير الذي قدمته الكيمياء الحيوية على مدى الأربعين سنة الماضية، بالإضافة لاعتبار الأسلوب الذي نستخدمه يوميًّا للاستدلال على وجود التصميم.

ما هو التصميم؟ التصميم ببساطة هو ترتيب الأجزاء لغرض ما. وبهذا التعريف العام سنرى أنَّ أيَّ شيء قد يكون مصمما. لنفترض أنَّكَ أثناء قيادتك للسيارة إلى العمل في صباح مشرقٍ رأيت سيارة تحترق بجانب الطريق –انبعجت مقدمتُها إلى الداخل وقد تناثر الزجاج المحطم في كل مكان حولها– ورأيتَ على بعد ٢٠ قدمًا من السيارة جُثَّةً هامدة مكوَّمة. فتضغط على مكابح سيارتك وتركنها إلى جانب الطريق وتسرع باتجاه الجثة، تمسك برسغه لتتحسس وجود النبض وبعد ذلك تلاحظ شابًا صغيرًا يحمل كاميرًا صغيرة يقف خلْفَ شَجَرَةٍ قريبة، فتناديه كيْ يتَّصلَ بالإسْعاف، ولكنه يتابع التصوير، ثم تلتفت إلى الجثة ثانية فتجدها تبتسم لك، ويشرح لك الممثل غير المصاب حقيقة بأنَّهُ طالب في قسم العلوم الاجتماعية وهو يقوم ببحث حول وجود إرادة لدى السائقين في المسارعة إلى مساعدة الغرباء المصابين. تنظر بسخط إلى المحتال المبتسم بينما يقف ويمسحُ الدمَ المزيفَ عن وجهه. ثم تساعده في الوصول إلى مظهر أكثر واقعية وتسيرُ مبتعدًا وأنت راضٍ بينما يركض المصور لطلب الإسعاف حقيقة.

لقد تم تصميم الحادث ظاهريا وتم ترتيب الأجزاء بشكل مسبق لكي تبدو على أنَّها حادث مؤسف، وقد تكون حوادث أخرى أقل لفتًا للنظر مصممة أيضا. فقدْ تكون بعْضُ المعاطف المُعَلَّقة في المطعم مرتبة من قبل مالك المطعم قبل أنْ نأتي، وقد يرتِّبُ فنانٌ ما بعض العلب المعدنية المصطفة على طول حافة الطريق السريع لأنَّهُ يحاول أن يجعل المنظر الطبيعي أكثر

غموضا، وقد يكون اللقاء بالصّدْفة بين الأشخاص نتيجة تصميم رائع -يعيش أنصار نظرية المؤامرة على افتراض مثل هذه التصميمات-، في حرم جامعتي يوجد منحوتات إنْ رأيتها ملقاة بجوار الطريق، فسوف تظنُّ أنَّها نتيجةُ هبوبِ رياح مفاجئةٍ على خردة أعطتها شكلها ولكنها منحوتات مصممة.

ثمرة هذا الاستنتاج أنَّ أيَّ شيءٍ قد يكونُ مرتبًا لهدفٍ ما، إنَّه لا يمكننا الجزم بأنَّ شيئا ما مصمم أم لا فتكون المعضلة العلمية، كيف نكتشف وجود التصميم يقينًا؟ متى يمكننا منطقيا أنَّ نستنتجَ في غياب المعرفة المباشرة أو وجود شهود عيانٍ بأنَّ شيئًا ما قد صمم؟ في حالة الجمل الفيزيائية المعزولة -إنْ لم يوجد مسار تدرجي لإنتاجها- يثبت التصميم عندما يكون عددُ من المكونات المنفصلة والمتفاعلة فيما بينها قد رتبت بطريقة تحقق وظيفة تتجاوز وظيفة الأجزاء المفردة المكونة لها،(٣)وكلما ازدادتْ نوعيَّةُ المكونات المتفاعلة المطلوبة لإحداث الوظيفةِ كلما ازدادتْ ثقتُنا في استنتاج وجود التصميم.

يمكن أنْ نرى هذا بوضوح من الأمثلة الآتية عن تنوع الأنظمة، لنفترض أنَك وزوجتك تستضيفان زوجين آخرين في مساء يوم الأحد للعبة السكرابل -خلط الحروف- وغادرت الغرفة للاستراحة بعد انتهاء اللعبة، ولما رجعت وجدت حروف اللعبة موضوعة في الصندوق، بعضها وجهها للأعلى والأخرى للأسفل، لمْ تهْتمَّ لأيِّ شيْءٍ حتى لاحظتْ أنَّ الحروف التي وجهها إلى الأعلى تقول: "خُذْنا إلى العشاء خارجًا أيها البخيل". ستستنتج وجود التصميم مباشرة، ولن ترهق نفسك بالتفكير باحتمال أنَّ الرياحَ أوْ الزلازلَ قد تكون الواضعة لتلك الحروف وفق ذلك الترتيب أو أن قطك الأليف قام مصادفة بهذا العمل، ستستنتج وجود التصميم لأنَّ العديد من العناصر المنفصلة -الأحرف- مرتبةٌ لتؤدي غرضا ما -وهو الرسالة- التي لا يمْكن أن يؤديها عنصرٌ واحد بمفرده، والأهم من ذلك أنَّ الرسالةَ محددةٌ بدقة فتغير عددٍ من الحروف سيجْعَلُها غيْرَ مقروءة، ولذات السببِ لا يوجد هنا أيُّ مسارٍ تدريجيٍّ للرسالة: فلن يعطيكَ حرْفٌ واحد جزءًا من الرسالة، وإضافة مجموعة أخرى من الحروف لن تعطيك جزءًا أكبرَ من الرسالة وهكذا.

بغضِّ النَّظر عن عجْزي عن إدراك التصميم في المنحوتات التي وضعت في حرم جامعتي، إلَّا أنَّهُ من الأسهل عليَّ أنْ أدركَ التصميم في قطع أخرى من الأعمال الفنية في الجامعة، فمثلا

ترتيب الأزهار بالقرب من مركز الطالب يتهجى باسم الجامعة، حتى وإن لم تر المزارعين يعملون فبسهولة جداً تقول أن الأزهار قد رتبت لأجل غرض ما، وللسبب نفسه إن مررت بجانب الأزهار في أعماق الغابة التي تهجأ بوضوح لتعطي كلمة (LEHIGH) فلن يعرض لك الشك بأن هذا النمط هو نتيجة التصميم الذكي.

استنتاج التصميم سهل بالنسبة للأشياء الميكانيكية، فبينما تمشي عبر ساحة الخردة قد تلحظ براغي ومسامير وبعض القطع البلاستيكية والزجاج معظمها متناثر فتراكم بعضها فوق بعض وانْحشر بعضها ببعضها الآخر، ولنفترض أنَّ بصرك قد وقع على كومة تبدو بشكل خاص متماسكة، وعندما تسحب قضيبا يبرز من الكومة تنسحب الكومة بأكملها معه، وعندما تدفع القضيب ينزلق بسلاسة إلى أحد جانبي الكومة ويسحب معه سلسلة ملتصقة به، تجذب السلسلة بدورها غيار يشغل ٣ غيارات والتي تجعل من قضيب يدور بشكل سلس، تستنتج بسرعة أنَّ الكومة لم تكن تجمعا عشوائيا للخردة ولكنها كانت مصممة، وأنها جمعت مع بعضها البعض بترتيب معين من قبل مصمم ذكي، لأنَّك ترى أن مكونات النظام تتفاعل فيما بينها بنوعية عالية لكي تؤدي وظيفة ما.

يمكنُ أنْ تقدمَ الأنظمةُ المصنوعةُ كليًا من مكونات طبيعية أدلةً على التصميم أيضا، على سبيل المثال لنفترض أنَّك تمشي بجوار صديقك في الغابة وفجأة يسحب صديقك في الهواء ويتدلى من قدمه مرفوعًا إلى غصن شجرة بواسطة عريشة نبات، بعد أنْ تقطعَ العريشة وتنزله تعيد تركيب الفخ، فترى أنَّ العريشةَ كانتْ مخفاةً حول غصن الشجرة، وكانت النهاية مشدودة بإحكام إلى الأرض. كما أرسيت بشكل جيد إلى الأرض بواسطة غصن متفرع –كالشوكة–. كان الغصن متصلا بعريشة أخرى مخفية في الأوراق بحيث، إذا ما حررت واضطربت العريشة، ستسحب الغصن المتفرع إلى الأسفل محررةً العريشة النابضة الراجعة، كما تكون نهاية العريشة مكونةً من حلقة مزودة بعقدة منزلقة لكي تقبض على الفريسة وتسحبها في الهواء، بالرغم من أنَّ المصيدةَ كانت نتيجة المواد الطبيعة بشكل كامل لكنك ستستنتج بسرعة أنها منتج تصميم ذكي.

بالنسبة لغرض صناعي بسيط مثل القضيب الفولاذي، غالبًا ما يكون السياق مهما في استنتاج التصميم، فإذا ما رأيت القضيب خارج مصنع الفولاذ سوف تستنتج وجود التصميم،

ولكن لنفترض أنك سافرت بواسطة سفينة صاروخية إلى كوكب مسكون بالكائنات الفضائية لم يتم استكشافه من قبل، فإذا ما رأيتَ قضبانًا إسطوانيةً فولاذيةً بجانب بركان فستحتاج إلى معلومات أكثر قبل أنْ تتأكد من أن العمليات الجيولوجية لكوكب الكائنات الفضائية -الطبيعية على ذلك الكوكب- لم تنتجْ أيَّة قضبان. وبالمقابل تمامًا لو وجدت رزمة من مصائد الفئران بالقرب من البركان الذي تريدُ أنْ تسبره فستنظر بجوارك متوجسًا باحثًا عن آثار المصمم، ولكي تصلَ إلى استنتاج وجود تصميم لأمر ما ليس بمصطنع، على سبيل المثال ترتيب العرائش والأغصان في الغابة لصنع الفخ، أو استنتاج التصميم لنظام مكون من العديد من المكونات المصطنعة فلا بُدَّ من وجود وظيفة يمكن التعرف عليها في النظام. لكن على المرء أن يكون حذرًا عند تعريف الوظيفة، إذ يمكن للحاسوب المعقد أن يستخدم كثقل يوضع على الورق ولكن هل هذه هي وظيفة؟ يمكن للسيارة المعقدة أن تستخدم للمساعدة في وفق جريان سد للماء، فهل هذا الأمر يؤخذ بعين الاعتبار عند تحديد الوظيفة والتصميم؟ لا. عند اعتبار التصميم، فإنَّ وظيفةً النظام الذي على المرء أن يتمعن بها هي التي تتطلب قدر كبيرًا من تعقيد في النظام الداخلي. ومن ثم يمكننا أنْ نحكم على جودة ملاءمة الأجزاء للوظيفة.(٤)

تحدد وظيفة النظام من المنطق الداخلي للنظام: فالوظيفة ليست بالضرورة مطابقة للغرض الذي أراده المصمم من تطبيق النظام، إنَّ الشَّخْصَ الذي يرى مصيدة الفأر للوهلة الأولى قد لا يعلم أن المصنع أعدها لوظيفة صيد الفئران، وقد يستخدمها بدلاً من ذلك كوسيلة ردع للصوص أو كجهاز إنذار للزلازل الأرضية -إن كانت الاهتزازاتُ ستطلق المصيدة-، ولكنه لا يزال يدرك من ملاحظته لكيفية تفاعل الأجزاء أن المصيدة مصممة، وبشكل مشابه، قد يحاول شخص ما أن يستخدم آلة جز العشب كمروحة أو محرك خارجي، ولكن الوظيفة التي أعد لها - تحريك النصل بحركة دائرية- يعرفها بشكل أمثل المنطق الداخلي للجهاز.

من هناك؟

إنَّ استنتاجَ التصميم لا يتطلب معرفةَ دور المرشح للمصمم في التصميم، حيث يمْكننا تحديدُ وجود التصميم في النظام عبر فحص النظام ذاته، ويمكننا أن نتمسك بالإيمان بالتصميم بقدر أكثر قوة من الإيمان بمصمم محدد، في العديد من الأمثلة التي طرحت أعلاه، نجد أن المصمم مجهول وغير واضح، ولا نملك أي فكرة كيف أو لماذا قام بالمساهمة في ساحة

الخردة، مصيدة العريشة، وعلى الرغم من ذلك، فإننا نعلم أن جميع هذه الأمور كانت مصممة بسبب ترتيب المكونات المستقلة الذي يصل إلى غاية ما.

إنَّ استنتاج التصميم يمكنُ أنْ يتمَّ على درجة عالية من الثقة وإنْ كان المصممُ نائي البعد، إنَّ حفرَ علماء الآثار عن المدينة المفقودة يمكنُ أنْ يمرَّ بحجارة مربعة مدفونة على عمق عشرات الأقدام تحت الأرض، مع صورة للجمال والقطط، الغرفين –حيوان خرافي– والتنانين، حتى وإن كان هذا كل ما وجدوه إلا أنَّهم استنتجوا أنَّ الحجارةَ المربعة قد تم تصميمها، ولكن يمكننا الذهاب أبعد من ذلك، فقد كنت مراهقا في ٢٠٠١م عندما رأيت فيلم الخيال العلمي (أوديسة الفضاء Space Odyssey) ولأكون صريحًا معكم لم أهتم مطلقا بالفيلم، فأنا لم أفهمه ببساطة، فهو يبدأ بقردة تتقاتل فيما بينها بالعصي، ومن ثم تنتقل إلى رحلة فضائية بواسطة حواسيب مهووسة بالقتل، وينتهي الأمر برجل طاعن في السن يسكب مشروبًا و طفلٍ غير مولودٍ يطوف في الفضاء، أنا متأكد أنَّه يحمل معنى عميقا ولكننا معشر العلماء لا نلتقط الأفكار الفنية بتلك السرعة.

وفي مشهد، رغم أنني لم أفهمه بسرعة، هبطت أولى المركبات على سطح القمر وخرج رائد الفضاء ليستكشف وفي تجوله مر على مسلة منحوتة بنعومة وكانت متجهة باتجاه المركبة الفضائية، لقد فهمت أنا ورائد الفضاء والجمهور مباشرة دون شرح بأن المسلة كانت مصممة – وأن هناك مصمم ذكي قد قدم إلى القمر وشكلها، ويظهر لاحقا في الفلم وجود كائنات فضائية على المشتري، ولكننا لا نستطع أنْ نقولَ بأنَّهم من صمم المسلة، فكل ما نعلمه من خلال النظر إلى المسلة بأنها قد تكون صممت من قبل الكائنات الفضائية أو الملائكة أو بشر من الماضي –قد يكونوا الروس أو سكان أطلنطس الضائعة– ممن استطاعوا الطيران إلى القمر، أو من قبل الرواد على المكوك –والذين قاموا بمزحة، فأخفوها ومن ثم وضعوها على القمر قبل نزول الرائد ليكتشفها هو فيما بعد–، إذا ما وجدت الخدعة بعيدا عن أيٍّ من هذه الاقتراحات، فإن المشاهد لن يمكنه القول بأن المكيدة قد فندت فكرة ظهور المسلة في المقام الأول، وإذا ما قام الفلم بخدعة لكي يؤكد أن المسلة لم تكن مصممة، فإن الجمهور سيصيح في القاعة لكي يقوم عارض الفلم بإيقافه.

إنَّ النتيجةَ القائلةَ بأنَّ شيئًا ما قد صمم يمكن أنْ تحصل بشكل مستقل عن معرفة المصمم، وكمسألة إجرائية، علينا أن نؤمن بفكرة التصميم في البدء قبل طرح أسئلة لاحقة حول المصمم، إن الوصول إلى نتيجة التصميم يمكنه أن يأتي مع ثبوت احتمال هذا الأمر في هذا الكون، ومن دون الحاجة لمعرفة أي شيء حول المصمم.

على شفا الجرف

يمكن لأيِّ شخصٍ أنْ يخبرك بأنَّ قمة جبل (روشمورMt. Rushmore) –الذي نحتت عليه بعض وجوه رؤساء أمريكا– قد صممه أحدٌ ما –ولكن كما كان يقول ملك (سيام) سيزول هذا أيضا، فمع مرور الوقت وسقوط الأمطار وعصف الرياح، ستغير قمة جبل روشمور شكلها وبعد مرور آلاف السنين ربما يعبر الناس الجبل ولا يرون إلَّا أثرًا بسيطًا من الوجوه التي نحتت على الصخور، فهل يمكن أنْ يستنتجَ شخصٌ ما وقتها بأنَّ قمةَ جبل روشمور المتأكلة قد صممت من قبل أحدهم؟ هذا يعتمد على أمور فالإشارة إلى التصميم تتطلب التعرف على مكونات منفصلة تم ترتيبها لتحقيق هدف ما، ومن الصعب القياس الكمي لقوة الاستنتاج، فقد تعطي قمة روشمور المتآكلة علماء الآثار في المستقبل إشارات موجهة إذا ما استطاعوا رؤية ما يشبه الأذن، أو الأنف، أو الشفة السفلى وربما الذقن وكل منها تتبع صورة لرئيس مختلف. ولكن الأجزاء غير مرتبة فيما بينها وقد يعتبرها البعض ببساطة تشكل غير عادي للصخور.

هناك على ما يبدو كأنَّهُ وجه إنسان على سطح القمر، ويمكن للمرء أنْ يشيرَ إلى المناطق الداكنة التي تبدو مثل العينين والفم، قد يبدو الأمر مصمماً، ربما بفعل كائنات فضائية، ولكن عدد ونوعية المكونات لا يكفي لتحديد فيما إذا كان الهدف الذي يعزى إليه هذا النمط أمر مقصود حقيقة. ربما تكون إيطاليا قد نحتت بشكل مقصود لتبدو كالجزمة، وربما لا. إذ لا توجد بيانات كافية للوصول إلى النتيجة. حتى أن مجلة (National Enquirer) في إحدى المرات ذكرت قصةِ مفادها ظهور وجه للإنسان على سطح المريخ، ولكن التشابه كان ضئيلا، وفي حالات كهذه يمكننا أنْ نقولَ فقط ومثل أيِّ شيء آخر: من الممكن أن يكون نتيجة التصميم، ولكن لا يمكِنُنا الجزمُ بشكل مؤكد.

كلما ازداد عدد ونوعية المكونات التي تتلاءم مع بعضها البعض لتشكل النظام، كلما ازددنا ثقة باستنتاج وجود التصميم، فمنذ سنوات مضت تم الإبلاغ عن صورة للمغني (إلفيس) تمَّ تشكيلها من قبل الطحالب النامية في ثلاجة سيدة من ولاية (تينسي). ومن جديد نقول: إنَّ وجه التشابه ملحوظ ولكنه ضئيل، ولكن لنفترض أن التشابه كان جيدا جدا وأن الصورة لم تصنع فقط من العفن الأسود ولنفترض وجود جراثيم (السيراشيا Serratia marcescens) وهي جرثومة تنمو على شكل طبقات حمراء ولنفترض وجود مستعمرات من الخمائر

(Saccharomyces cerevisiae) التي تتألَّقُ باللون الأبيض، ومع جرثومة الزائفة الزنجارية (Pseuodomonas aeruginosa) التي تتلون باللون الأخضر، وجرثومة (Chromobacterium Violaceum) التي تتلون باللون الزهري، والعنقوديات الذهبية (Staphylococcus aureus) التي تتلون باللون الأصفر، وافترض أن الميكروبات الخضراء قد نمت على شكل بنْطال المغني إلفس، وشكلت البكتيريا الوردية قميصه، قامت نقاط قليلة تشكلت من البكتيريا الحمراء والبيضاء بتشكيل الوجه بلون البشرة الحقيقي. في الواقع نفترض أنَّ البكتريا والفطريات على البراد قد شكلت صورة لإلفس مطابقة تمامًا لإحدى بوستراته المخملية التي نراها في العديد من المتاجر، هل يمكنك عندها أنْ تستنتجَ أنَّ الصورةَ هي نتيجةٌ لعملية تصميم؟ أجل يمكننا — وبذات الثقة التي استنتجنا منها أن البوستر في الموجود في المحل هو مصمم أيضا.

إنْ كان وجهُ الرجل الذي على سطح القمر يملك لحية وأذنين ونظاراتٍ للرؤية وحاجبين يمكننا عندها أنْ نستنتجَ أنَّه مصمم، إنْ كانت إيطاليا لديها عروات وخيوط لربط الحذاء وإذا ما كانت صقلية تشبه كرة القدم إلى حد ما وعليها ألوان وشعار، يمكننا عندها أنْ نفكرَ بأنَّها مصممة، كلما ازداد عدد ونوعية الأجزاء المكونة للنظام، كلما كان حكمنا أكثر بالتصميم وأمكننا الوصول لدرجة التيقن أيضا، من الصعب إجراء القياس الكمي لهذه الأمور[٥] ولكن من السهل الاستنتاج بأنَّ النظامَ الحاوي على تفاصيل كما في تجمع الجراثيم المعقدة المكونة لصورة إلفس إنَّما هي صورة مصممة.

التصميم البيوكيميائي

من السهل أنْ نرى التصميم في بوستر إلفس ومصائد الفئران ورسائل لعبة الحروف المقطعة (السكرابل Scrabble)، ولكن الأنظمة الحيوية ليست أشياء ثابتة أو جامدة فهي جزء من المتعضية الحية. هل الأجهزة البيوكيمائي الحية مصممة بذكاء؟ منذ زمن ليس بالبعيد اعتقد أنَّ الحياةَ مصنوعةٌ من مواد خاصة مختلفة عن الأشياء التي تكوّن الأشياء غير الحية، وسخر (فريدريك فوهلر Friedrich WÖhler) من هذه الفكرة، ولقد هزم تعقيد الحية لمدة طويلة بعده جميع محاولات فهم الحياة والتحكم بها، ولكن في العقود الأخيرة سارت الكيمياء الحيوية بخطوات واسعة لدرجة أن تغييرات أساسية في المتعضيات الحية تصمم بيد العلماء. ولنلق نظرة على بعض أمثلة التصميم البيوكيميائي.

عندما يتفاعل نظامُ التخثر في الجسم بشكل خاطئ، يمكن أنْ تنسد الأوعية الدموية في القلب بخثرة تعطل جريان الدم مما يهدد الحياة، وتتم المعالجة الحالية بحقن بروتين طبيعي المصدر في المريض حتى نعمل على حلّ الخثرة، ولكن هذا البروتين الطبيعي له بعض السلبيات، ولذا يسعى الباحثون المبدعون لإنتاج بروتين جديد في المختبر بتأثير أفضل.[٦] تعتمد الاستراتيجية باختصار على التالي (الشكل ٩-١). يتفاعل العديد من بروتينات التخثر الدموية بتأثير عوامل أخرى تقطع قطعة من البروتين المستهدف، وتفعله بالنتجية، والقطعة يتم قطعها باستهدفها من العامل المفعل الخاص بها فقط وليس أي شيء آخر. البلازمينوجين، طليعة البلازمين، وهو بروتين يعمل على حلّ الخثرة الدموية – يحتوي على بقعة هدف يقطع ببطء شديد بعد أن تتشكل الخثرة وتبدأ عملية الشفاء. لكن لكي تعالج النوبة القلبية نحتاج إلى وجود البلاسمين مباشرة وبسرعة في موقع الخثرة الدموية التي تحجب دوران الدم.

لكي نجعل البلاسمين متوافرًا مباشرةً في الموقع الصحيح، فقد تم عزل وتعديل جينة البلاسمينوجين من قبل الباحثين. واستبدل جزء الجينة المرمزة لموقع قطع البلاسمينوجين المؤدي لتفعيل البلاسمينوجين، واستبدل به جزء من جينة مكون آخر لسبيل التخثر الدموي (كسلف الثرومبوبلاستين البلازمية plasma thromboplastin antecedent أو PTA) والذي ينقسم بشكل سريع بواسطة الثرومبين.

1) —DCGKPQVEPKKC**PGRV**VGGCVAHPHSWPWQ—

2) —DCGKPQVEPKKC- -VGGCVAHPHSWPWQ—

-TTKIKPRI-

↓

3) —DCGKPQVEPKKC- -VGGCVAHPHSWPWQ—

4) —DCGKPQVEPKKC**TTKIKPRI**VGGCVAHPHSWPWQ—

(الشكل ٩-١):

١- عزل جينة البلاسمينوجين -نلاحظ في الشكل الأحماض الأمينية وليس الـ(DNA) الذي ترمز لها الجينة-.

٢- يزال جزء الجينة التي تشفر منطقة البروتين التي تقطع ببطء أثناء عملية التفعيل.

٣- يضاف جزء جينة أخرى تقوم بالتشفير لمنطقة بروتين تقطع بشكل سريع من الثرومبين وتوضع في جينة البلاسمينوجين.

٤- لدينا الآن جينة مصممة مهجنة وعند دخولها في الخلية تنتج البلاسمينوجين سريع التفعيل بتأثير الثرومبين.

الفكرة كالتالي: يحمل البلاسمينوجين المهندس قطعة قابلة للقطع من قبل الثرومبين، وسيتم قطعه وتنشيطه بسرعة بالقرب من الخثرة، بسبب وجود أنزيم الثرومبين هناك، ولكن الفعالية التي تحررت بسرعة تأتي من البلاسمين بدلا من الـ(PTA) وعليه فإذا ما حقن هذا البروتين بسرعة في

مريض مصاب بالنوبة القلبية، فالمرتجى أن يساعده/ها البلاسمين على التعافي بأقل الأضرار الممكنة.

إن البروتين الجديد نتاج عملية تصميم ذكي، فقد جلس أحد ما ممن يملك معرفة بنظام تخثر الدم على مكتبه ورسم سبيلاً لإنتاج بروتين يجمع قدرة البلاسمين الحالة للخثرة مع سرعة التفعيل للبروتينات التي تشذب بواسطة الثرومبين، وعلم المصمم ما الذي سيقوم به المنتج النهائي، وعمل على تحقيق هذه الغاية، وبعد أن رسم الخطة ذهب المصمم -أو طالب الدراسات عنده- إلى المختبر واتخذ الخطوات اللازمة لتنفيذ الخطة. وكانت النتيجة بروتينا لم يره أحد في العالم من قبل بروتينا سينفذ خطة المصمم، إذا بالفعل يمكن للأنظمة البيوكيميائية أن تصمم.

يعد تصميم الأنظمة البيوكيميائية الذكية موضوعا شائعا هذه الأيام، فلكي نزود مرضى السكري بمركب الأنسولين البشري الذي يصعب الحصول عليه منذ عزل الباحثون قبل عقد من الزمن جينة الأنسولين البشري ثم وضعوها ضمن قطعة من الـ(DNA) التي يمكنها أنْ تبقى داخل الخلية الجرثومية، ثم قاموا بتنمية الجرثوم المعدل، وبعدها أنتجت الآلة البكتيرية الخلوية الأنسولين البشري، الذي عزل لاحقا واستخدم لعلاج المرضى. تقوم بعض المختبرات الآن بإجراء التعديل على كائنات أكبر عبر وضع الـ(DNA) المعدل مباشرة داخل خلاياها، فقد صممت منذ فترة نباتات تقاوم الصقيع أو الحشرات الضارة، والأكثر حداثة الأبقار المعدلة وراثيا لإعطاء حليب يحتوي على كميات كبيرة من البروتينات المفيدة. يقوم الباحثون بهذا الأمر من خلال حقن جينات خارجية في جنين البقرة ويحبون أن يدعوا أنفسهم بـ(مزادليين) المزارعين الصيدلانيين (pharmers) اختصار لكلمتي (pharmaceutical farmers).

قد نلاحظ رغم أنَّ الأنظمةَ الموصوفةَ أعلاه أمثلةٌ عن التصميم البيوكيميائي، ولكن في كل حالة منها اقتصر دور المصمم على إعادة ترتيب الأجزاء الطبيعية، فلم ينتج/تنتج أنظمة جديدة بدأ من لا شيء، هذا حقيقي، وقد لا يبقى صحيحاً لفترة طويلة إذ ينشط العلماء اليوم في كشف الأسرار المسببة للوظيفة النوعية للبروتينات، والتقدم في هذا المجال بطيء ولكنه يسير بثبات، فلن يمر وقت طويل حتى نصطنع البروتينات انطلاقاً من تصور مبتكر ونصممها لأهداف نوعية وجديدة، بل الأكثر إثارة للإعجاب تطوير أنظمة كيميائية جديدة من مختصي الكيمياء العضوية لمحاكاة العمليات الحيوية التي تقوم بها الحياة.

وقد أخذ هذا الأمر حيزا في الإعلام الشعبي العام باسم (الحياة الاصطناعية) رغم المبالغة المفرطة التي صممت لتزيد من مبيعات المجلات، فالعمل حقا يظهر أن مصمماً ذكيا يمكنه أنْ يصمم نظامًا يبدي خواصا مشابهة للأنظمة البيوكيميائية دون أنْ يستخدم المواد البيوكيميائية الموجودة في الأنظمة الحية.

بل لقد بدأ بعضُ العلماء في السنوات الأخيرة بتصميم مواد بيوكيميائية جديدة مستخدمين مبادئ التطور الصغير – الطفرة والانتخاب.[٧]

فالفكرة بسيطة: اصطنع كيماويًّا عددًا كبيرًا من أجزاء مختلفة من الـ(DNA) أو الـ(RNA)، ثم استخرج من المزيج الأجزاء القليلة التي تمتلك خصائصًا يرغبها المصمم كالقدرة على الارتباط بالفيتامينات أو البروتينات.

ويتم هذا عبر مزج جزيئات صلبة التصق بها الفيتامين أو البروتين مع محلول يحوي على مزيج من قطع الـ(DNA) أو الـ(RNA)، ثم يشطف بقية المحلول وتبقى قطع الـ(DNA) أو الـ(RNA) التي ارتبطت بالفيتامين أو البروتين عالقة على الأجزاء الصلبة، وتزول كل القطع التي لم ترتبط مع السائل المشطوف. وبعد انتقاء القطع الصحيحة يستخدم المجرب الأنزيمات لصنع نسخاً كثيرة منها، شبه (جيرالد جويس Gerald Joyce) الرائد في هذا المجال العملية بالتكاثر الانتقائي فقال: "إذا ما أراد امرؤ ما زهرة أكثر احمرارًا أو نبْتة سجّادةٍ فارسيَّةٍ أنعم، فعليه أن يختار مما يملكه للتكاثر من نباتات أفرادا تمثل هذه الصفات المرغوبة أفضل ما يكون، وبالمثل أيضا إذا ما أراد المرء جزيئة تمتلك ميزة كيميائية محددة، فعليه أن يختار من الجمهرة الكبيرة للجزيئات هذه المواصفات الفردية التي تظهر بجلاء وبأفضل شكل تلك الصفة".[٨] وتملك هذه الطريقة مثل التكاثر الانتقائي محاسن التطور الصغير، ولكن تملك محدودياته أيضاً، فيمكن إنتاج جزيئات بيوكيميائية بسيطة ولكن لا يمكن إنتاج نظم معقدة كالتي ناقشناها في هذا الكتاب.

تشبه هذه التقنية من عدة وجوه الانتقاء النسيلي للأضداد (antibodies) الذي ناقشناه في الفصل٧، وبالفعل يستغل بعض العلماء قدرة النظام المناعي البشري على توليد الأجسام المضادة تقريباً لأي جزيء، فيحقن العلماء حيواناً بالجزيئة المرغوبة –على سبيل المثال دواء– ومن ثم يعزلون الأجسام المضادة التي صنعت ضدها، وتستخدم الأجسام المضادة بعد ذلك

سريرياً أو تجارياً ككواشف لتحري تلك الجزئية المحقونة بداية، وقد ينتج في بعض الحالات أجسام مضادة لتعمل كإنزيمات بسيطة [٩] اسمها إبزيمات الـ(abzyme). وتعد كلا الطريقتين (DNA/RNA) أو الأجسام المضادة) بإيجاد طيف واسع من التطبيقات الصناعية والطبية في السنوات القادمة يعترف كل العلماء بحقيقية إمكانية تصميم الأنظمة البيوكيميائية بفعل مصمم ذكي لغاية يريدها المصمم، حتى ريتشارد دوكنز في كتابه الأحدث، يتخيل دوكنز سيناريو افتراضي يختطف فيه عالم مرموق ويجبر على صنع أسلحة بيولوجية لصالح بلد عسكري شرير.[١٠] يحصل العالم على المساعدة عبر إرسال رسالة مشفرة في تسلسل الـ(DNA) خاص بفيروس إنفلونزا: فيعدي نفسه بالفيروس المحور، ثم يعطس على جمهور من الناس، وينتظر بفارغ الصبر انتشار الحمى حول العالم، واثقا بأنَّ علماء آخرون سيعزلون (DNA) الفيروس ويفكون رموز رسالته، وبما أنَّ دوكنز يوافق على أنَّ الأنظمةَ البيوكيميائيةَ يمكنُ أنْ تصمم، وأنَّ الناسَ الذين لم يروا أو يسمعوا بالتصميم يمكنهم مع ذلك تحري وجوده، فالسؤال حول إنْ كان نظام بيوكيميائي ما قد صمم، يرجع ببساطة لاستنباط دليل يبرهن على التصميم.

يجب أنْ نأخذ بعين الاعتبار دور قوانين الطبيعة أيضا، فقوانين الطبيعة من شأنها تنظيم المادة – على سبيل المثال، تدفق الماء يمكنه أن يراكم الطمي بما يكفي ليسد جزءًا من النهر، مجبرا المياه على تغيير اتجاهها. إن أكثر القوانين ارتباطا بالتصميم تلك المتعلقة بالتكاثر البيولوجي، والطفرات، والانتخاب الطبيعي. فإذا أمكننا تفسير البنية البيولوجية في ضوء هذه القوانين الطبيعية، فلا يمكننا الاستنتاج بأنها مصممة، وقد بينت خلال هذا الكتاب لماذا لا يمكن للعديد من الأنظمة البيولوجية أن تبنى عبر الانتخاب الطبيعي المعتمد على الطفرات: فلا يوجد طريق مباشر أو متدرج لهذه الأنظمة المعقدة غير القابلة للاختزال، فقوانين الكيمياء تعمل بشدة ضد التطور غير الموجه للأنظمة الحيوية التي تصنع جزيئات مثل جزيئة (AMP). تعجز الطرق المستبدلة للتدرجية والتي تعمل بأسباب غير ذكية، كنظرية التعايش، أو نظرية التعقيد، أنْ تفسرَ نشوء آلات الحياة البيوكيميائية الأساسية –بل ولا تحاول ذلك–. إذا عجزت قوانين الطبيعة الخاصة بالحياة على تفسير الأنظمة الحيوية، فتصبح عندئذ معايير استنتاج التصميم في البيولوجيا هي ذاتها المعايير الخاصة بالأنظمة غير الحية، لا يوجد مرحلة سحرية من التعقيد غير القابل للاختزال يمكن اعتبار الداروينية مستحيلة منطقيًّا عنده، ولكن القفزات فوق الحواجز التي تقوم بها الرؤية التدرجية تزداد علوًّا باستمرار كلما كانت البنية أكثر تعقيدا، وأكثر استقلالية.

هل توجد آلية طبيعية لم تكتشف إلى الآن ويمكنها تفسير التعقيد البيوكيميائي؟ لا يوجد أحد من الحماقة بمكان لينكر ذلك الاحتمال كلياً، ومع ذلك يمكننا القول إن وجدت هذه الآلية، فلا أحد يعرف أي شيء عن كيفية عملها بالإضافة أن ذلك سيسير عكس كل الخبرة البشرية، كما لو افترضنا أن العمليات الطبيعة قد تقدم تفسر وجود الحواسيب، إن استنتاج عدم وجود هذه الآلية يحمل الرصانة العلمية ذاتها للقول بأن التخاطر الذهني غير ممكن، أو أن وحشَ بحيرة (لوش نيس Loch Ness) غير موجود. في وجه الأدلة الهائلة التي نملكها على وجود التصميم البيوكيميائي، سيطون تجاهلها مقابل آلية شبحية كلعب دور المحققين في غرفة الجريمة متجاهلين وجود الفيل.

بعد إجابة هذه الأسئلة الأساسية وإزاحتها عن طريقنا، نستنتج أن الأنظمة البيوكيميائية المناقشة من (الفصل ٣ إلى الفصل ٦) قد صممت من قبل مصمم ذكي، ونثق بنتيجتنا هذه ثقتنا بالنتيجة التي وصلنا إليها في حالة مصائد الفئران المصممة، أومنحوتات قمة جبل روشمور أو ملصق المغني إلفس، فلا يوجد تساؤل حول درجة التصميم في هذه الأنظمة كما نجد في مثال وجه الرجل على سطح القمر أو شكل إيطاليا على الخريطة، فقدرتنا على الوثوق بالتصميم الكائن في الأهداب البكتيرية أو أنظمة النقل الداخلية في الخلية تعتمد على نفس المبادئ التي تمكننا من الوثوق بالتصميم في أي شيء آخر: ترتيب المكونات المنفصلة لتحقيق وظيفة قابلة للتمييز تعتمد بدقة شديدة على مكوناتها.

إن وظيفة الأهداب التجديف كمحرك ولتحقق وظيفتها هذه فلا بد من تجميع دقيق للنبيبات الدقيقة، والمادة الرابطة للأهداب (nexin)، وبروتينات المحرك وترتيبها وفق نمط محدد. فيجب أن تتعرف كل منها على الأخرى جيدا وتتفاعل معها بدقة. وتغيب الوظيفة إن فقدت إحدى المكونات. بالإضافة إلى ذلك نحتاج إلى العديد من العوامل بجوار هذه المذكورة لكي يكون النظام مفيدً للخلية الحية: فيجب وضع الأهداب في المكان الصحيح، وبالاتجاه الصحيح، وأن تعمل أو تتوقف وفقاً لاحتياجات الخلية.

إنَّ وظيفةَ نظامِ التخثر الدموي هي إقامة حاجز متين ولكن مؤقت، وترتب مكونات النظام للوصول إلى هذه الغاية، فيؤدي كلًّا من الفيبرين والبلاسمينوجين والثرومبين والبروتين(C) وعامل كريسماس، ومكونات أخرى في سبيل التخثر وظيفة مشتركة مع بعضها البعض لا يمكن لأحدها

أنْ يقومْ بها منفردا، وعندما يغيب الفيتامين (K) أو يفقدُ العاملُ المضاد للناعور، ينهار النظام كانهيار آلة (Rube Goldberg) إنْ فقد أحد مكوناتها. تقوم المكونات بقطع بعضها البعض في مواضع محددة تماما وترتصف مع بعضها البعض بأساليب محددة، فهي تعمل لتكوين بنية دقيقة مهمتها تنفيذ وظيفة محددة.

إن وظيفة أنظمة النقل داخل الخلية هي نقل حمولات من مكان لآخر وللقيام بالنقل للحمولات يجبُ أنْ تعنون وتحدد وجهتها، وتجهز وسائط النقل، لا بد من ووجود آليات لمغادرة منطقة مغلقة في الخلية للدخول إلى منطقة مغلقة أخرى فيها. وفشل نظام النقل سيحدث عوزاً في المؤن الأساسية في موضع واختناقاً بفائض المخزون في مواضع أخرى، فالأنزيمات المفيدة في مناطق محددة ستكون مدمرة في أماكن أخرى.

لقد حددت تماماً وظائف الأنظمة البيوكيميائية الأخرى التي ناقشتها، ويمكن تعيين أجزاءها المتفاعلة، ولأنَّ الوظائف تعتمد بشكل أساسي على التفاعلات المعقدة لهذه الأجزاء فيجب أن نستنتج أنها مصممة من قبل مصمم كما استنبطنا ذلك لمصيدة الفئران.

إنَّ التصميم الذي يجري حاليًا في المختبرات البيوكيميائية عبر العالم، النشاط المطلوب لتخطيط بلاسمينوجين جديد يمكنه أنْ يشذب بواسطة الثرومبين أو بقرةٌ تنتج في حليبها هرمون النمو أو بكتيريا تنتج الأنسولين – هو مشابه للتصميم الذي سبق وجود نظام التخثر الدموي، إن عمل طلاب الدراسات في المختبرات على جمع أجزاء من جينات بجهد مقصود لصنع شيء جديد يماثل العمل الذي تم من خلاله تكون أول هدب بكتيري.

تمييز الفروق

إنَّ مجرد استنتاجنا لوجود التصميم في بعض الأنظمة الحيوية لا يعني تمامًا أنْ جميع الأنظمة تحت الخلوية قد صممت أيضاً. وبالإضافة لذلك قد توجد بعض الأنظمة المصممة ولكن من الصعب إثبات وجود التصميم فيها، قد يظهر وجه إلفس بشكل واضح ومميز ولكن انطباع غيتاره –المفترض– غير واضح، قد يكون من السهل اكتشاف التصميم في الهدب البكتيري ولكن تحري التصميم في نظام آخر قد يتم بصعوبة أو لا يمكن اكتشافه. فقد ثبت أن الخلية تحتوي على أنظمة يتراوح مدى وضوح التصميم فيها من التصميم الواضح تماما إلى عدم وجود أي تصميم ظاهرياً، مع تذكرنا بأن أي شيء قد يكون مصمماً، لنلق نظرة موجزة على أمثلة يصعب فيها رؤية التصميم.

الخلية أساس الحياة وفيها تتم العمليات الحيوية المسؤولة عن وجود الخلية في نطاق معزول عن باقي البيئة المحيطة، تدعى البنية التي تغلف الخلية بالغشاء الخلوي، ويتركب بأغلبه من جزيئات تشبه كيميائيًا المواد المستعملة في المنظفات التي نغسل بها الأطباق أو الثياب.

يتباين النمط المحدد للجزيئات شبيهة–المنظف الموجودة في الأغشية الخلوية بشكل واسع من نوع لآخر من أنواع الخلايا، فبعضها أطول وبعضها أقصر، وبعضها أقل تماسكًا وبعضها أكثر تماسكا، بعضها مشحون إيجابيًا وبعضها الآخر مشحون سلباً، وبعضها معتدل الشحنة. تحتوي معظم الخلايا مزيجًا من أنواع مختلفة من الجزيئات في أغشيتها، وقد يختلف تركيب المزيج بين الأنماط المختلفة للخلايا.

عندما توضع جزيئات المنظف في الماء فستميل إلى التجمع مع بعضها البعض، والمثال الجيد عن هذا التجمع نشاهده في الفقاعات المتطايرة حول غسالة الثياب، وتتكون الفقاعات من طبقة رقيقة جدا من المادة المنظفة –بالإضافة إلى بعض الماء– حيث تصطف الجزيئات فيها جنبا إلى جنب. أما الشكل الكروي للفقاعة فناتج عن القوة الفيزيائية المسماة التوتر السطحي، التي تعمل على خفض مساحة الفقاعة إلى أصغر حجم يمكن لجزيئات المنظف التجمع فيه، ولو أخذنا الجزيئات من غشاء خلية وصفيناها وخلصناها من بقية المكونات الخلوية، ثم أذبناها في الماء فستتجمع معا على الأغلب في شكل كروي مغلق.

لأن هذه الجزيئات المكونة للغشاء الخلوي لوحدها تشكل فقاعات تلقائيا بسبب ارتباط جزيئاتها بلا تمييز، ولعدم وجود ضرورة لوجود جزيء محدد مفرد لتشكيل الغشاء الخلوي، يصعب استنتاج وجود التصميم الذكي في الأغشية الخلوية. فهي كالأحجار الموجودة في الجدار الحجري، يمكن استبدال أيّ حجر منها بحجر آخر مختلف، كالفطور في ثلاجتي، لا يمكن تحري وجود التصميم فيها.

أو لنعتبر مركب الهيموغلوبين البروتين الموجود في كريات الدم الحمراء والذي يحمل الأوكسيجين من الرئتين إلى النسج المحيطية. فالهيموغلوبين يتركب من أربعة بروتينات مستقلة مرتبطة مع بعضها البعض، ويمكن لكل من هذه البروتينات الأربعة أن يرتبط بالأوكسيجين، يتطابق زوج من البروتينات الأربعة وكذلك الزوج آخر، واكتشف أنه نتيجة لطريقة ارتباط المكونات البروتينية للهيموغلوبين، يكون ارتباط أول ذرة من أوكسجين مع الهيموغلوبين أقل

قوة من الذرات الثلاثة التالية، ويكون الاختلاف في قوة ارتباط ذرات الأوكسجين مسؤولًا عن سلوك يدعى (التعاونية)، ويعني ببساطة أن كمية الأوكسجين المرتبطة بعدد كبير من جزيئات الهيموغلوبين -كما يحصل في الدم- لا تزداد مباشرة مع زيادة كمية الأوكسجين في الهواء، أما عندما تنخفض كمية الأوكسجين في الجو المحيط، - أي عملياً يتوقف ارتباط الأوكسيجين بالهيموغلوبين - فسترتبط كمية أوكسجين أقل بكثير لولا خاصية التعاونية، وفي الحالة المقابلة عندما يزداد الأوكسجين في الجو المحيط، تزداد كمية الأوكسجين المرتبطة بالهيموغلوبين في الدم بمعدل سريع جدا.

يمكننا أن نصور هذا بما يشبه تأثير الدومينو، فإسقاط أول قطعة يحتاج لجهد ضئيل - ارتباط أول جزيئة أوكسجين-، ولكن باقي أحجار الدومينو ستسقط تلقائيا، لظاهرة التعاونية نتائج فيزيولوجية مهمة، فهي تمكن الهيموغلوبين من الإشباع التام عند توفر الكثير من الأوكسجين -في الرئتين- وتمكنه من التحرير السهل للأوكسجين حيث يحتاج إليه -في النسج المحيطية-يوجد بروتين آخر اسمه الميوغلوبين ويشبه الهيموغلوبين كثيرًا مع استثناء أنَّهُ يملك سلسلة بروتينية واحدة وليس أربع سلاسل، ولذلك يرتبط بجزيئة أوكسجين واحدة، كما أنَّ ارتباطَ الأوكسجين به ليس تعاونيا. والسؤال الذي نطرحه لو افترضنا أنَّا بدأنا ببروتين يربط الأوكسجين كالميوغلوبين، فهل يمكننا أنْ نستدل على وجود التصميم الذكي في وظيفة الهيموغلوبين؟ إنَّ القولَ بالتصميم في هذه الحالة ضعيف. لأنَّنا انطلقنا بداية من جزيء الميوغلوبين الذي يمكنه الارتباط بالأوكسيجين، ويمكن بإجراء تعديل بسيط نسبيا على سلوك الميوغلوبين أنْ نحصل على سلوك الهيموغلوبين، كما أن سلاسل الهيموغلوبين تشابه إلى حد كبير الميوغلوبين. ولذلك على الرغم من إمكانية اعتبار الهيموغلوبين كنظام ذو أجزاء متفاعلة، فهذا التفاعل بين أجزاءه لا يقدم أكثر بكثير مما تقدمه الأجزاء المنفردة من النظام. فإن كانت نقطة البداية هي جزيئة الميوغلوبين، فسأقول بأن دليل التصميم في الهيموغلوبين بقيمة الدليل على التصميم الذي يظهره وجه الرجل على القمر: يلفت النظر ولكنه غير مقنع.

وآخر نظام بيوكيميائي سنتحدث عنه هو النظام الذي مر معنا في الفصل السابع من الكتاب نظام اصطناع مركب ال(AMP). إنَّ الاستدلال على وجود التصميم في هذا المثال يشبه الاستدلال على أن لوحة فنان شهير ميت مزورة في الحقيقية من قبل شخص آخر من ذات المنطقة. ربما نرى اسم الرسام الشهير مطبوع علي الزاوية اليسار السفلية للوحة، ولكن ضربات

الفرشاة، ومزيج الألوان، وموضوع اللوحة، والقماش المستخدم، والألوان نفسها ، كل هذه الأمور مختلفة.

لأننا نحتاج العديد من الخطوات المتتالية لاصطناع مركب الـ(AMP)، ولأنَّ المركبات الوسطية في هذه الخطوات لا استخدام إضافي لها، ولأنَّ غاية ما نعرفه في الكيمياء يمنعنا بشدة من تصور مسار إنتاج غير موجه، فإنَّ حجة وجود التصميم في مسار صنع مركب الـ(AMP) تبدو قوية جدا. فنظريًّا يمكن نقد الاستدلال على وجود التصميم في هذه الحالة طبقا لسيناريو من نمط ما يطرحه ستوارت كوفمان، ولكن نظرية التعقيد حاليا مجرد شبح، والسلوك الكيميائي المعروف للجزيئات يناقض حتما هذا السيناريو. بالإضافة إلى أنَّ الاستدلال على وجود التصميم في الأنظمة البيوكيميائية الأخرى يدعم مصداقية دعوى وجود التصميم في هذا النظام أيضا.

بما أنَّ أيَّ شيء قد يكون مصمما، ولأنَّنا نحتاجُ تقديمَ الدليل لإثبات وجود التصميم، فليس مفاجئًا أنْ ننجحَ في بيان وجود التصميم في نظام بيوكيميائي ما أكثر من بيان وجوده في نظام آخر. فبعض مواصفات الخلية تبدو كنتيجة لعمليات طبيعية، وبعضها الآخر ربما كانت نتيجة لعمليات طبيعية، ولكن ملامح أخرى للخلية يرجح أنْ تكون مصممة بالتأكيد، ويمكننا في بعض الخصائص أنْ نكون واثقين تمامًا من وجود التصميم كما نثق بوجوده في أي شيء آخر.

الفصل العاشر

تساؤلات عن التصميم

أفكار بسيطة

قد تستغرقُ الفكرةُ البسيطةُ ردْحًا من الزمن كي تصلَ إلى النضوج المطلوب –رغم كونها شديدة التأثير والقوة–، ولعل اختراع العجلة وتطورها من أشهر الأمثلة الدالة على ذلك؛ فقبل العجلة –بشكلها الحالي– كان الناسُ يشقون طرقَهم بصعوبة؛ لقد استخدموا عربات تجرها الخيول على أقطاب مستوية، مولدة كثيرًا من الضوضاء نتيجة احتكاكها بالأرض. فلو أن تلميذًا صغيرًا من عصرنا الحالي –رأى التطور الحالي للعجلة واستعمالاتها– عاصر زمنَ العربات ذات الأقطاب وما ينتج عنها من أزيز مزعج ومشقة بالغة، لنصح أهلَ هذا العصر باختراع العجلة! إذًا فالعجلة اختراع مؤثر، وينحدرُ من فكرة بسيطة للغاية، بيد أنَّ هذه الفكرة قد تطورت بصعوبة لتصل إلى صورتها العملية المرجوة.

ونجدُ مثالًا آخرَ لا يقلُّ أهمية وتأثيرًا؛ ألا وهو الألفبائية الصوتية، فالأبجدية نظامٌ يتكوّن من رموز تشملُ جميعَ الوحدات الصوتية الموجودة في لغة ما، وعند تركيب عددٍ من هذه الوحدات –بشكل وطريقة معينين– نحصل على تتابع صوتيّ يرمز للكلمة، فإذا قارنّا الأبجدية الصوتية بنظام كالهيروغليفية أو الكتابة المصرية القديمة؛ التي تحلُّ الرموز التصويرية فيها محلَّ الكلمات، سنجدُ الهيروغليفية أبسط وأسهل على المبتدئ، إنَّ شخصًا ليس لديه أدنى معرفة بطريقة الاتصال الكتابي من المرجح جدا أن يرسمَ صورة كلب يأكل عظمة على أن يرسمَ علامات على ورقة لتعطي معني كلب يأكل عظمة (DOG EAT BONE)، ثم يقول لأصدقائه إن العلامة التي تشبه نصف دائرة مع خط لأسفل بأحد الجانبين (D) ترمز للصوت (داه duh)، وإن الدائرة (O) ترمز للصوت آه (ahh).. وهكذا، لذا كان من المتوقع –لو كُتِبَ لها الاستمرار– أن تستخدم الهيروغليفية أسلوب الرسوم البسيط، وألا تصل به إلى تطوره الأبجدي، على الرغم مما حققه النظام الألفبائي من بساطة وتنوع –مع مرور الوقت– يجاري ما تشهده اللغة من تعقيد مستمر.

تعلمنا جميعا في المدرسة أنَّ العدد (٥٦١) يحتوي على الرقم (١) وقيمته المكانية هي (١)، لكن قيمة رقم (٦) المكانية هي (٦٠)، وقيمة الرقم (٥) المكانية هي (٥٠٠)، وعن طريق القيمة المكانية للأعداد أصبح التعامل مع الأرقام سهلًا ميسورًا، حتى بالنسبة للأطفال، فالطفل ذو العشر سنوات –إذا تعلّم بصورة صحيحة– يستطيع أن يضيف العدد (٥٦١) إلى العدد (٤٢٧) ليكون الناتج (٩٨٨)، ويستطيع ذو الاثنتي عشرة سنة أنْ يحصلَ على الرقم

(٦٩٧) كناتج ضرب الرقم (٤١) في الرقم (١٧)، لكن تعال لنرى هل سيكون الأمر بهذه السهولة عند ضرب أو جمع أيٍّ من تلك الأرقام باستخدام الأعداد الرومانية؟ جرب أن تجمع (XXIV) و(LXXVI) لتحصل على (C) -دون تحويل هذه الأعداد الرومانية لأعدادٍ عربية-، إن تلك الأرقام الرومانية استخدمت في أوروبا حتى القرون الوسطى، ولم يستطع قطاعٌ كبيرٌ من العامة القيام بأبسط العمليات الحسابية، التي يمكن أنْ يقوم بها الصرافُ -الآن- بسهولة. لقد كان يتطلب عدَّ المبالغ البسيطة أشخاصًا مدربين وذوي مهارة عالية، حتي أنهم كانوا يحصلون على قوت يومهم بالعدّ فقط.

التصميم فكرة خارج السياق

وبالمثل نجد فكرة التصميم الذكي سهلة ومتسقة ولها أثرٌ بالغ؛ إنَّ دلائلها الواضحة -والتي يحاربها البعض بأفكار جزئية منقوصة- تعلمنا كيف تُفهم الأشياءُ وتتناغم، لقد رأى الفيلسوف الإغريقي القديم دايوجينيز (Diogenes) التصميم في انتظام فصول السنة، حيث قال: "ذلك التوزيع الرائع لم يكن ممكنًا دون ذكاء، إنَّ كلَّ الأشياء تسير بمقادير محكمة؛ تعاقبُ الشتاء والصيف والليل والنهار، وهطول الأمطار وهبوب الرياح والطقس الجيد وما يطرأ من أحوال، لو تأملها الفرد عن كَثَبٍ سيجد أنها تسير وفقَ نظام فريدٍ ومحكم".[1]

وقد تعجب سقراط (Socrates) من هذه الدقة أيضا حيث قال: "ليس غريبًا أنْ يكونَ الفمُ الذي يُنقل الغذاءُ عن طريقه موجودًا إلى جوار الأنف والعينين؛ ليكون تحت الملاحظة المستمرة، والاستعداد التام لإقصاء كلَّ ما يضرُّ بالعملية الغذائية.

فلا يمكنك أن تتساءل مشككًا بعد ذلك يا أرستديمس (Aristodemus) عما إذا كان تنسيق هذه الأجزاء قد جاء نتيجة صدفة أمْ أنَّها الحكمة والإبداع".[2]

إنَّ هذا الشعور بالتكامل والتناسق التام هو شعور إنسانيٌّ بحت، إلَّا أنَّهُ قائمٌ على مجرد الإحساس بأنَّ العالم مكان يبعث السرور في النفس -دون أي تعقيد-، فليس من المستبعد تخيل دايوجينيز لو كان يعيش حياته في هاواي -حيث ينعدم وجود فصل الشتاء- وهو يعتقد روعة هذا التنظيم وكماله، كذلك الحال بالنسبة لـ(فم سقراط) لو كان يقع في يده، كان سيعتقد أيضا أنه ملائم أكثر لتمرير الغذاء! لذا نقول: إنَّ حجج التصميم القائمة على مغالطة (التأكيد المجرد) تتبخر مثل ندى الصباح عند بزوغ أول شعاع شمس، يكفيها فقط أنْ تواجه بأقل تشكيك كي تنهار المنظومة بكاملها.

وعلى مر التاريخ الإنساني اتفق معظمُ المتعلمين -وغير المتعلمين أيضا- على الاعتقاد بأن التصميم موجود في الطبيعة، لقد كانت فكرة (العَالَم المصمَّم) هي الأكثر رواجًا على المستويين العلميّ والفلسفيّ حتى وقت دارون، لكن هذه الفكرة كانت تفتقر للحجج السليمة الصلبة، ربما لغياب التنافسية؛ حيث لم تكن هناك أفكار أخرى تطرح بقوة. لقد بلغت قوه حجة التصميم -ما قبل الداروينية- أوجها في كتابات رجل الدين الأنجيليكيني وليام بيلي (William Paley)، في القرن التاسع عشر، حيث استطاع بيلي -كونه خادم مخلص لربه- أن يبُثَّ معرفته العلمية واطلاعه الواسع في كتاباته، لكنه -ولسوء الحظ- قد نصب لنفسه فخًّا؛ بسبب مبالغته في الطرح.

ونرى قوة الحجة في الفقرة الافتتاحية الشهيرة لكتابه (اللاهوت الطبيعي Natural Theology)، كما نرى أيضا بعضَ الخلل والقصور الذي أدى بعد ذلك إلى رفضها: "لنفترض أنَّ قدمي تعثرت بحجرٍ في الحديقة، فلو سئلتُ كيف وصلَ الحجرُ إلى هناك؟ يمكن أنْ يكون جوابي: إنه حجرٌ موجودٌ دائما في الحديقة. ولن يكون هناك أيُّ اعتراضٍ على هذه الإجابة أو استهجانٍ لها، لكن لو افترضنا أنّني تعثرت بساعة جيبٍ، وسئلت عن كيفية وجودها في هذا المكان؟ فمن الغريب أن أعطي نفس الإجابة السابقة؛ إنها لطالما كانت ملقاة هناك! لماذا إذًا تستقيم تلك الإجابة مع وجود الحجر ولا تستقيم في حالة الساعة؟ لأننا عندما نعاين الساعة ونفحصها سنجدُ صفات ليست موجودة في الحجر، إنَّ جميعَ أجزاء الساعة وضعت معًا لغرض ما؛ هذا الجزء لتوليد الحركة، وهذا لتنظيمها، وهذا لبيان الوقت الآن، فلو تم تركيب هذه الأجزاء بصورة مختلفة عما يجب أن تكون عليه سنجد أنها إما أن تتوقف عن العمل، أو على أقل تقدير لن تفي بالغرض الذي وجدت من أجله. وبالنظر لشكل الساعة يمكننا رؤية علبة اسطوانية تحتوي على زنبرك مرن ملفوف، ونلاحظ بعد ذلك سلسلة مرنة، ثم نجد مجموعة من التروس، وقد ننتبه إلى أنّ التروسَ مصنوعة من النحاس؛ للحفاظ عليها من الصدأ، وأعلى وجه الساعة نجد قطعة زجاج مثبتة، إنها مادة غير مستخدمة في باقي الأجزاء داخل الآلة، لكنها تعتبر النافذة التي تكونت من مادة شفافة، لكي لا نضطر لفتح حاوية الساعة كلما احتجنا معرفة الوقت. هذه الآلية التي نتتبعها في الملاحظة؛ تتطلب في الواقع فحصًا دقيقًا للشيء، وربما معرفة سابقة بموضوعه، كي نتمكن من الإدراك والفهم، فبمجرد فهم الإشكالية واستيعابها سنخلص إلى نتيجة حتمية؛ هي أنَّهُ من المؤكد وجود صانع لتلك الساعة، وهذا الصانع موجود

في وقت ما وفي مكان ما هنا أو هناك، قد تكون مجموعة مخترعين، وقد يكون مخترعًا واحدًا، حيث شكلها للغرض الذي وجدت لأجله، وحيث يحيط علمًا بكيفية بناءها واستخدامها".[٣]

وقياسًا على حجج الإغريق؛ نجد حجة بيلي أكثر انضباطًا، على الرغم من أنه زود كتابه (اللاهوت الطبيعي) بالعديد من الأمثلة الهشّة والضعيفة حول التصميم –أشبه بدايوجينيز وسقراط–، إلا أنه كثيرا ما كان يصيب هدفه بدقة تامة أيضا، فمن جملة الأشياء الأخرى التي تناولها بيلي في كتابه كانت النظم المتمايزة؛ مثل العضلات والعظام والغدد اللبنية، حيث رأى أنه في حالة فقد أحد عناصر هذه الأنظمة ستتوقف تلك الأجهزة عن أداء وظائفها الحيوية. إنّ هذا يعتبر جوهر حجة التصميم، لكن يجب التأكيد على القارئ؛ أنْ بيلي في أفضل حالاته كان يتحدث عن صناديق بيولوجية سوداء –لم يتم اكتشافها بعد– كالأنظمة الكبرى في الخلية، وعلى الطرف الآخر نجد مثال الساعة، ذلك المثال الرائع؛ لأنّ الساعة ليست صندوقًا أسود، فالمكونات ووظائفها كانت معروفة ومشهورة.

المتحول عن القضية الرئيسية

لقد صاغ بيلي حجة التصميم الخاصة به ببراعة، حتى أنَّه اكتسب احترام التطوريين المتخصصين، فاقتبس ريتشارد دوكينز (Richard Dawkins) صاحب كتاب (صانع الساعة الأعمى The Blind Watchmaker) اسم كتابه من قياس الساعة لبيلي، لكنه ادّعى أنَّ التطور هو الذي قام بدور صانع الساعة بدلًا من الوكيل الذكي: "لقد أوضح بيلي قيمة فكرته بتوصيفاته التبجيلية الباهرة لآلية الحياة، التي اكتشفها عن طريق التحليل، مستخدمًا العين البشرية المجردة! أُعِدَت حجة بيلي بإخلاص مشوب بالعاطفة، مستعينة ومستنيرة بأفضل المعارف الأكاديمية البيولوجية في عصره، لكنها كانت خاطئة، خاطئة بكُلّ ما في الكلمة مِنْ معنى، إذ لو أمكن القول بأن (الانتقاء الطبيعي) يؤدي دور صانع الساعة في الطبيعة، فهو صانع ساعة أعمى، الشيء الوحيد الذي لن أفعله هو أن أنتقص من روعة الساعات النابضة بالحياة، والتي ألهمت بيلي، ما سأفعله؛ أنني سأحاول عرض أفكاري التي كان يمكنها أن تصل ببيلي لأبعد من ذلك بكثير".[٤]

إحساس دوكينز تجاه بيلي هو إحساس الفاتح تجاه عدو عظيم الشأن مجهول المكانة، ورغم زهو الانتصار، كانت رحابة صدر العالم -مدرس جامعة أكسفورد- هي السبب في أن يثني على أداء رجل الدين، الذي شاركه اهتمامه تجاه تعقيد الطبيعة، وبالتأكيد كان لدوكينز مسوغًا في عدّ بيلي مجهولًا، إذ لم يعد أحدٌ من الفلاسفة أو العلماء يشير إليه في أعماله إلا نادرًا، والقلة الذين يذكرونه -مثل دوكينز- يفعلون ذلك لبيان رفضهم، بدلا من مناقشة حجته، فقد جُمِع وكُوِّم بيلي مع علم الفلك القائم على مركزية الأرض ونظرية فلوجستون للاشتعال في سلة واحدة، ولسان حالهم (أخرق آخر في صراع العلم لتفسير ماهية العالم)".

لكن يمكننا أن نتساءل أين دُحِضَ بيلي بالتحديد؟ من الذي ردَّ على حجته؟ كيف للساعة أن تستحدث دون مصمم ذكي؟ ومن المثير للدهشة أنَّه على الرغم من عدم دحض الحجة الأساسية لبيلي، وأنّ داروين ودوكينز وجميعَ العلوم والفلسفات لم تقدم تفسيرًا لكيفية بناء نظام غير قابل للاختزال -مثل الساعة- دون مصمم، قاموا بثني حجة بيلي عن قضيتها الأساسية، وانخرطوا في الهجوم على أمثلتها غير الحكيمة، ونقاشاتها اللاهوتية الخارجة عن صلب الموضوع. بالطبع يلامُ بيلي على عدم صياغته لحججه بشكل أكثرَ إحكامًا، لكن يلامُ أيضا منتقدوه لعدم تناول فكرته الرئيسية، متظاهرين بالغباء، لكي يصلوا إلى ما يريدون من نتائج.

تشكيلة متباينة

يشير بيلي في كتابه (اللاهوت الطبيعي) إلى أنَّ الأمثلة الحيوية التي يناقشها تمثل نظمًا، تحتوي على عناصر متفاعلة كالساعة، التي بدورها تدلل على وجود مصمم لها، فأمثلة بيلي تتفاوت بين الرائعة والمثيرة للاهتمام نوعا ما، انتهاء بالأمثلة السخيفة، فمن النظم الميكانيكية إلى نظم الغرائز، ومرورًا بالأشكال فقط، تقريبًا لم يتم إبطال أيٍّ من أمثلة بيلي -عن طريق إثبات نشأة خصائص الأشياء دون مصمّم-، لكن لأن العديد من أمثلة بيلي لم تنفِ حدوث التطور التصاعدي، تصور الناس منذ داروين أن التطور التدريجي ممكن وجائز.

لقد بلغ بيلي أوْجَه عندما طبّقَ النظمَ الميكانيكية على القلب البشري، فقد لاحظ التالي: "من البدهيّ أن يتوقف نجاح القلب في مهمته على أداء صمامات القلب؛ لأنه عند انبساط التجاويف القلبية وانقباضها سيتحرك الدم في كلا الاتجاهين -وليس فقط في اتجاهه المحدد،

ليعود الدم مرة أخرى إلى الوريد الذي تدفق منه أصلا! فالقلب بهيئته الحالية لا يمكنه مواصلة عمله دون صمامات، كما هو الحال في طريقة عمل المضخّة".[٥]

فنراه يحدد وظيفة النظام، ويخبر القارئ لماذا يحتاج القلب لأكثر من جزء لإنجاز مهمته، فهو ليس مجرد مضخة عادية، لكنه نظام كامل يحتاج لصمامات. إلا أنَّهُ عندما تناول نظام الغرائز كان تناوله دون المتوسط: "ما الذي يدفع أنثى الطائر إلى أن تعدَّ عشًّا خاصًّا بها قبيل وضع البيض؟ ربما يكون السبب هو الإحساس بالامتلاء أو الانتفاخ، الذي يمكنها أن تلحظه في جزء معين من جسدها، ونتيجة لنمو البيضة -وتدرج صلابتها داخلها-، مما يجعلها تشعر بأنها على وشك وضع شيء ما. فإن وضعت؛ كان هذا الشيء محافظًا عليه ومعتنى به! فكيف للطير أن يشعر بصغاره داخل البيضة؟".[6]

قد يكون هذا المثال مثيرًا للاهتمام، لكن من الصعب أن تضع يدك على وظيفة محددة فيه، بالإضافة إلى أن العديد من العناصر المكونة للنظام (ربما تكون قابعة في دماغ الطير)، إذا فهي غير معروفة، وتعتبر صندوقًا أسود.

نظنّ أنّ بيلي كان منهكًا ومتعبًا للغاية عندما كتب عن التطور الجنيني؛ حيث قال:"ليس للعين أية أهمية بالنسبة للوقت الذي تكونت فيه، فهي آلة بصرية مثبتة في تجويف خاص بها، وظيفتها كسر الضوء لنقطة مثالية -لتتكون الرؤية-، من قبل حتى أن يصل شعاع الضوء إليها، إنها معدة للاستقبال"[7].

في هذا المثال يدعونا بيلي للإعجاب فقط بتوقيت الحدث، دون الإشارة إلى أيّة خاصية من خصائص ذلك النظام المعلوم المحدد.

ويبدو أنَّ بيلي كان يعْمَدُ للسخرية حين تكلم عما يسميه (الاستعاضة): "يتم التعويض عن قصر طول رقبة الفيل التي لا تنثني بخرطوم طويل مرن، وتتعايش طيور الكركيه لفترة طويلة داخل الماء خلال بحثها عن الطعام، إلَّا أنَّها لا تستطيع السباحة بسبب عدم امتلاكها أقدامًا كفية -مثل اقدام البط-، لكنها عوضًا عن ذلك منحت أرجلًا طويلة تمكنها من الخوض في الماء، أو(bilk) طويل لتتلمس طريقها، أو يمنحها الاثنين معا، ذلك هو تماما مفهوم الاستعاضة".[٨]

واستدلالٌ كهذا يوفّر مصدرًا غنيًا بالمادة الكوميدية؛ فهذا عُوِّضَ بالطول عن الجمال، وهذه لكونها بكماء رزقت بالغنى. وهلم جرا، كذلك فمثل هذا الاستدلال لا يجدي نفعًا في إثبات وجود التصميم. ولنكن خيرين وهينين؛ ربما استمد بيلي حتمية التصميم من اعتقاده بقوه أمثلته، كما أنه استخدم الأمثلة الضعيفة لتكون زينة الكعكة الفوقية، لكن يبدو أنه لم يكن يتخيل أنَّ المعارضين سوف يدحضون حجته لاحقا بمهاجمة تلك الزينة.

دحض بيلي

على الرغم من وجود العديد من الأمثلة المضللة التي قدمها بيلي، إلَّا أنَّ مثال الساعة الموجود في الفقرة الأولى الشهيرة من كتاب بيلي هو صحيح تماما، فلا يمكن لأحد إذا عثر على ساعة أنَّ ينكر يقينه بوجود مصمم لها، وكما أوضح بيلي سبب استنتاجه؛ فالمكونات المرتبة لإنجاز وظيفة لا تتشابه حال انفصالها، إنَّ الساعة أداة لحساب الوقت، لكنها تتكون من تروس وزمبوركات وسلاسل.. وغيرها، مثلما أدرج بيلي في حجته.

وحتي الآن كل شيء يسير على ما يرام، لكن لو علم بيلي ما الذي ينبغي البحث عنه في نموذجه الميكانيكي، ولماذا انحدر للهاوية بتلك السرعة؟ إنَّه الزهو الذي جرفه، وجعله يتمادى في اختيار الخصائص الخطأ في الساعة.

تبدأ المشكلة مع بيلي عندما يبتعد عن واقع نظام المكونات المتفاعلة، ليتحدث على نسق يتوافق فقط مع فكرته (وكيف ينبغي أن تكون الأشياء؟)، لقد لاحت أول مشكلة في الفقرة الافتتاحية نفسها؛ عندما ذكر أن تروس الساعة مصنوعة من النحاس الأصفر لحمايتها من الصدأ، المشكلة أن تلك المادة نفسها –النحاس الاصفر– لا يشترط وجودها في الساعة كي تعمل، فالساعة تعمل بتروس مصنوعة من أية مادة صلبة تقريبا، بل حتى من الخشب أو العظم. ثم تزداد الأمور سوء عندما يذكر بيلي الغطاء الزجاجي للساعة؛ فلا يمكننا فقط الاستغناء عن تلك المادة الزجاجية، بل والمكون بكامله، إنّ وجودَ الغطاء غيرُ لازمٍ ولا مؤثرٍ على وظيفة الساعة، فهو مجرد وسيلة للراحة والرفاهية تمَّ إرفاقها بنظام غير قابل للاختزال، ولا تعتبر جزء من النظام نفسه.

وكما أن حجج التصميم الذكي موجودة منذ وقت طويل، كذلك كانت الحججُ المعارضة للتصميم، لقد كانت أفضلها تلك التي صاغها دارون وتابعوه، لكننا نجد محاولات تسبق النظرية الداروينية، حيث أبدى الفيلسوف ديفيد هيوم رفضه للتصميم في كتابه (محادثات بِخُصُوص دين الطبيعة)، الذي نشر عام ١٧٧٩م، ففي كتاب (صانع الساعة الأعمى) يستدعي ريتشارد دوكينز محادثة عشاء مع أحد الملحدين المعروفين، ويتناول هذا الموضوع: "ذكرت أنني لم أكن لأتخيل نفسي ملحدا قبل 1859م، أيْ قبل نشر كتاب (أصل الأنواع) لدارون. قاطعني الفيلسوف قائلا: وماذا عن هيوم؟ فسألته: كيف فسر هيوم التعقيد المنظم لعالم الاحياء؟ أجاب الفيلسوف: لم يفعلها! لِمَ يحتاج لأي تفسير أصلا؟".[9]

واستطرد دوكينز شارحا: "وأما بالنسبة لديفيد هيوم؛ فيقال بين الحين والآخر أنه الفيلسوف الاسكتلندي العظيم الذي نبذ حجة التصميم قبل داروين بقرن من الزمن، لكن حقيقة ما فعله هيوم؛ أنه انتقد منطقَ التصميم الظاهر في الطبيعة –كدليل على وجود الله–، ولم يقدم تفسيرًا بديلًا للتصميم البيولوجي المعقد".[10]

يشرح الفيلسوف المعاصر (إليوت سابر Elliott Sober) –البروفيسور في قسم الفلسفة جامعة وسكنسن ماديسن– في كتابه (فلسفة الأحياء Philosophy of Biology) استدلالَ هيوم بالتفصيل: "يري هيوم أنَّهُ يجب علينا التساؤل؛ ما مدى التماثل بين الساعة والكائنات الحية؟ من الواضح أنَّهما غير متشابهين على الإطلاق؛ فالساعات مصنوعة من زجاج ومعدن، لا تتنفس، لا تخرج، لا يحدث لها أي تمثيل غذائي، ولا تتزاوج، والنتيجة المباشرة –بطبيعة الحال– أن حجة التصميم هي عبارة عن قياس ضعيف، حيث أنه من غير المعقول أن نستدل على وجود خاصية معينة في الكائنات الحية، لمجرد وجودها في الساعة".[١١]

لكن سابر لا يتفق مع هيوم؛ فيعلق قائلا: "بالرغم من البؤس الذي يتصف به نقد هيوم؛ حيث اعتقد أنَّ حجةَ التصميم هي حجة قياس، فلا أرى سببًا يجعل جدال التصميم يصل لهذا الشكل، وبصرف النظر عما إذا كانت الساعات تشبه الكائنات الحية أم لا، فإن حجة بيلي عن الكائنات مستقلة وقائمة بذاتها. لقد تحدث عن الساعات ليبين للقارئ كيف يمكن للحجة أن تكون آسرة للكائنات".[12]

وبعبارة أخرى؛ رأى ديفيد هيوم أنَّ حجةَ التصميم تعتمد على التشابه الوثيق بين تفاصيل عارضة للكائنات البيولوجية وبين أجسام أخرى مصممة، لكن هذا التوجه الفكري قد يطيح بكل القياسات؛ حيث إنَّ أيّ جسمين غير متطابقين سيختلفان أكثر مما سيتفقان، فمن خلال رؤية هيوم للأشياء لا يمكننا -على سبيل المثال- تشبيه العربة بالطائرة، مع أن كلّ منهما وسيلة مواصلات، لأن الطائرة لها أجنحة والعربة ليس لها أجنحة.. وهلم جرا، فيرفض سابر وجهة نظر هيوم لأنه يرى أن جدال التصميم الذكي -في الواقع- عبارة عن (الاستدلال بأفضل تفسير)؛ ومعني ذلك أنَّ جدل بيلي سيبدو الأقرب من بين تفسيرات التصميم الذكي المتنافسة، في مقابل قويِ الطبيعة غير الموجهة، أو كما يقول سابر: قبيل مجيء دارون على أقل تقدير.

بقدر ما فَنَّدَ وينجز استنتاجَ سابر بطريقة جيدة، إلَّا أنَّهُ كان يمكنه أنْ يوضح كيف تستنتج الحجة من القياس، فالمشكلة عند هيوم أنَّهُ لم يستطع توصيل الفكرة، بل وشوهت منه أيضًا؛ ذلك لأنَّ القياسات تُقْتَرَحُ -بصورة صريحة أو ضمنية- لترصد الخصائص المتشابهة، مثل A الذي يشبهB في مجموعة جزئية من الخصائص المحدودة، فتسوس الأسنان -مثلا- يحدث للكائنات الحية بسبب نشاط البكتيريا الذي يمكن للفلورايد أن يثبطه، إلَّا أنَّ الصدأ يشبه تسوس الأسنان؛ فكلاهما يبدأ من بقعة صغيرة تتسع إلى الخارج، وجهاز روب جولدبرج(Rube Goldberg) يشبه نظام تخثر الدم بالجسم؛ فكلاهما نظام غير قابل للاختزال، رغم الاختلافات العديدة بينها. فمن أجل الوصول إلى نتائج تقوم على القياس يجب أن يكون الاستدلالُ نابعًا من الخصائص المشتركة فقط، وبما أن جهاز روب جولدبيرج المعقد غير قابل للاختزال؛ إذًا يلزمه مصمم! وسيكون الحال كذلك بالنسبة لنظام تخثر الدم المعقد غير القابل للاختزال أيضا.

بالمناسبة -ووفقا لمعايير هيوم- فإنَّ القياسَ بين الساعة والكائن الحي واردٌ بقوة؛ حيثُ يمكنُ لعلمِ الكيمياء البيولوجية الحديثة الآن أنْ يصنعَ ساعةً أو أداةً لقياس الوقت باستخدام المواد الحيوية، فرغم أنَّهُ لم يحدثْ بعد، لكنَّهُ وارد في المستقبل القريب بكل تأكيد، إنَّ العديدَ من الأجهزة البيوكيميائية تقوم بقياس الوقت؛ بما في ذلك الخلايا التي تنظم سرعة دقات القلب، والجهاز الذي يدفع مرحلة البلوغ للبدء، والبروتينات التي تعلم الخلايا متي تنقسم، فضلا عن ذلك المكونات البيوكميائية التي تؤدي دور التروس والسلاسل المرنة ووحدات التغذية الارتجاعية، حيث تعتبر هذه الأجزاء ضرورية لتنظيم أداء الساعة، وتعتبر شائعة أيضًا في

علم الكيمياء البيولوجية، فنقد هيوم لحجة التصميم -الذي يؤكد فيه على الاختلافات الجوهرية بين النظم الميكانيكية والنظم الحية- قد عفا عليه الزمن، ونسف أساسه على يد التقدم العلمي، الذي اكتشف آلية الحياة.

يكمل سابر تحليله لهيوم: "أنتقل الآن إلى الانتقاد الثاني للتصميم عند هيوم، والذي لم يلقَ أيَّ نجاح كسابقه؛ يدعي هيوم أنَّنا إذا أردنا الاعتقاد بأنَّ الكائنات الحيةَ في عالمنا هي نتاج التصميم الذكي، فعلينا أن نبحث في الكثير من العوالم الأخرى، ونرصدُ المصممين الأذكياء المنتجين للكائنات الحية هناك".[١٣]

ينتقد هيوم الوصول للتصميم عن طريق الحجة الاستقرائية؛ ولتوضيح الاستقراء يمكننا أنْ نأتي بمثالٍ: بما أنَّهُ لم تتم ملاحظة أيِّ خنزير يطير، إذًا لا تستطيع الخنازير الطيارانَ بكل الاحتمالات الممكنة. يتطلب استدلالنا على التصميم عن طريق النهج الاستقرائي أن تكون لدينا خبرة بالأشياء الحية قيد التصميم، ويري هيوم أنَّهُ بما أنَّنا لم نرصد ذلك التصميم في عالمنا فيجب علينا أنْ نتحرى تلك الخبرة في عوالم أخرى، وبما أنَّنا لا نملك أيَّةَ معرفة بالعوالم الأخرى، إذًا فليس لدينا القدرة على الاستقراء. ويرى سابر أنَّ حجةَ هيوم باطلة؛ ذلك لأنَّ سابر -وللمرة الثانية- يعتقد أنَّ التصميمَ الذكيَّ هو استدلالٌ بأفضل تفسير وليس حجةً استقرائية.

ومرة أخرى يسلك سابر الطريق الصحيح، بقدر ما يحقق وينجز، لكنه كان يستطيع الوصول أبعد من ذلك، فبالرغم من أنَّ اعتراضَ هيوم يمكن قبوله في عصره، إلا أنَّ التقدم العلمي أبطل ذلك؛ فعلم الكيمياء الحيوية الحديثة يتيح الآن بشكل دوري تخليق نظم بيوكيميائية، والتي تعتبر أساس الحياة. لذلك أصبح لدينا خبرة تتبع التصميم الذكي في المكونات الحية، وتوجد الآن عشرات الآلاف من التجارب التي أدمجت فيها النظم البيوكميائية الحديثة مع بعضها، وفي المستقبل القرب سوف نرى المزيد والمزيد.

لقد دَفَعَ فشلُ حجة ديفيد هيوم معارضي التصميم الحاليين إلى أن يعززوا جدلياتهم بمبررات أخرى لوجهة نظرهم، وسوف أوضح في بقية الفصل أغلب الحجج المعاصرة المعارضة للتصميم.

قياس لوح الويجا

أخطأ الفيلسوف صديق (ريتشارد دوكينز) في فلسفته -وكذلك في علمه- عندما اعتقد أنَّ (ديفيد هيوم) دحضَ حجة التصميم. (إليوت سابر) كان أكثر توفيقًا في فلسفته، لكنَّهُ لم يكنْ على دراية بالتطورات العلمية، وعلى الرغم من اعتقاده بأنَّ هيوم كان مخطئ، إلا أنَّهُ لم يكن متسامحًا أبدًا مع دعاوى التصميم الذكي، لاعتقاده أنَّ التطور الداروين وفرَّ الآلية اللازمة لإنتاج الحياة. ولم يستند استنتاجه على نماذج التكوين التدريجي -المنشورة- للنظم البيوكيميائية غير القابلة للاختزال، بل لم يعتبر أن الجزيء الحيوي هو أساس الحياة! هو -بالأحرى- كفر بالتصميم وآمن بالداروينية، مستندًا في المقام الأول -ويالمفارقة- على التماثل و القياس، حيث يشرح ذلك في كتابه (فلسفة الأحياء): "في الواقع إنَّ عملية الانتقاء -أو الطفرة- تنقسم لجزأين، عُرِضا بوضوح في كتاب (صانع الساعة الضرير) لريتشارد دوكنز؛ تخيلْ جهازًا يشبه في شكله القفل التوافقي، يتكوّن من مجموعة تروس متراصّة، وعلى طرف كل ترس تظهر حروفُ الأبجدية الإنجليزية -الستة وعشرون-، وتدورُ التروس بشكل منفصل، لتعطي متتاليات متباينة من الحروف خلال نافذة العرض.

كم عدد المتتاليات الحرفية التي قد تظهر خلال النافذة؟ يوجد ١٩ ترسًا، و٢٦ احتمالًا على كلِّ ترس؛ ليكون الناتج ٢٦١٩ متتالية محتملة. واحدة من هذه المتتاليات الممكنة هي (METHINKSITISAWEASEL).

احتمال ظهور METHINKSITISAWEASEL بعد دوران كل التروس هي ٢٦١٩/١، ويعتبر احتمالًا ضئيلًا للغاية، لكن تخيل الآن أنَّ قرصًا ما توقف عن الدوران، وعند حدوث ذلك ظهرَ حرفٌ آخر خلال نافذة العرض يحقق المتتالية المقصودة، ودارت بعد ذلك -عشوائيًا- بقيت التروس التي لا تتطابق مع تلك المتتالية، وتكررت العملية، ما مدى فرصة ظهور (METHINKSITISAWEASEL) بعد -لنقل- خمسين مرة؟

الإجابة أنَّهُ يمكن ظهور المتتالية بعد عدد صغير من أطوار العملية، فالتباين والاختلاف يتمُّ بصورة عشوائية، أمَّا الانتقاء من بين متغيرات فلا يكون عشوائيًا".[14]

يهدف هذا القياس لإلقاء الضوء على (كيف تم إنتاج النظم البيولوجية المعقدة؟)، وبناء على قياس الترس الدوار فنحن مطالبون الآن أنْ نستنتج -مثلا- أنَّ الأهداب تطورتْ خطوةً

بخطوة، وأنَّ المراحلَ الأولى للرؤية جاءت تدريجيًّا وغيرها من الأمثلة. لقد قُدِّمَ هذا القياس كبديل عن الأدلة الحقيقية العملية؛ حيث افترِضَ أنَّ هذه النظم وغيرها قد تطورت بالطريقة الداروينية، ويرى سابر أن هذا القياس آسر جدًا، بناء على ذلك؛ تُوِّجَ التطورُ الدارويني لكونه (استدلالًا بأفضل تفسير). وقياس دوكنز -الذي لا تختلف تفاصيله- في كتاب (في مقابل استبقاء ذاكرة سابر) على الرغم من كونه خاطئ بصورة فجة، إلا أنه استطاعَ أن يأسر مخيلة بعض فلاسفة علم الحياء. وإلى جانب سابر، استخدم مايكل روس مثال مشابهًا في كتابه (دفاع الداروينية Darwinism Defended)، وكذلك (دانيل دينيت) في كتابه (فكرة داروِن الخطرة Darwin's Dangerous Idea).

أين يقعُ الخطأُ في قياس دوكنز وسابر؟ تقريبًا في كل شيء! حيث يُدَّعَى أنَّه قياس على الانتقاء الطبيعي -الذي يستلزم وظيفة لينتقي-، لكن ما هي الوظيفة الخطأ الموجودة في القفل التوافقي؟ لنفترض أنَّهُ بعد دوران التروس لبعض الوقت أصبح لدينا نصف الأحرف صحيحة ونصفها تالف مثل (MDTUIFKQINIOAFERSCL) -بحيث يتتابع حرف صحيح وآخر خاطئ-، هذا سيؤكد وجود تحسن عبر السلسلة العشوائية من الحروف؛ ومن شأن هذا التحسن أن يساعدنا على نحو ما لفتح القفل التوافقي، لكن إذا توقفت حياتك على فتح قفل رمزه (METHINKSITISAWEASEL)، وجرَّبْتَ (MDTUIFKQINIOAFERSCL) ستكون في عداد الموتى، وإذا اعتمد النجاح التناسلي لديك على فتح القفل، فلن تكون لك ذرية! وياللعجب؛ فالقفل التوافقي عند سابر ودوكينز هو نظام غير قابل للاختزال -عالي التخصيص-، حيث يتضح بطريقة جميلة لماذا لا يمكن الوصول للوظيفة تدريجيًا خلال هذه الأنظمة.

التطور -كما أخبرنا مؤيدو هذه النظرية- ليس موجه الهدف، ومن ناحية أخرى لو كانت البداية سلسلة عشوائية متتالية من الحروف؛ فلماذا تنتهي بـMETHINKSITISAWEASEL، بدلًا من (MYDARLINGCLEMENTINE) أو (MEBETARZANYOUBEJANE) -مثلًا-؟ عندما يدور ترس ما من الذي سيقرر عند أيِّ حرفٍ يتوقف ولماذا؟ سيناريو دوكنز وسابر هو -في الواقع- مثال يستعرض النقيض تماما؛ فبدلا من أن نجد قياسًا يبيّنُ الانتقاءَ الطبيعيَّ الذي يحدثُ عن طريق الطفرات العشوائية، نجدُ الوكيلَ الذكيَّ يوجِّه بناء النظام -غير القابل للاختزال- إلى اتجاه معين، فالوكيل هنا (سابر)، ولديه صيغة أو قالب محدد في ذهنه؛ وهو (القفل التوافقي)، إنّه يقودُ النتائج لهذا الاتجاه، تماما كما يقودُ العرَّاف لوحَ الويجا! وهذا أبعد ما يكون عن اعتباره أساسًا آمنًا يمكننا الاتكاء عليه لتأسيس فلسفة علم الاحياء.

إن الأخطاء الفادحة في هذا القياس ليست صعبة الملاحظة، ولقد تمَّ انتقادها بشدة عن طريق رابرت شابيرو –أستاذ الكيمياء بجامعة نيويورك– في كتابه (Origins: A Skeptic's Guide to the Origin of life (الأصول: دليلُ متشككٍ في أصل الحياة) الذي نشر قبل كتاب سابر بـ٧ سنوات.[15]

وعندما يتغاضى اثنان من الفلاسفة المشهورين عن إشكاليات منطقية بسيطة، تمت ملاحظتها بسهولة من قبل عالمٍ كيميائيٍّ مميّز؛ فيجب أن توضع بعض معامل الكيمياء الحيوية على جدول زيارات التفرغ العلمي المقبلة.

ثقبٌ في العين

في النقاشات الدائرة حول نظرية التصميم الذكي، لا يوجد اعتراض يطرح بصورة متكررة مثل اعتراض (انعدام الكمال)، الذي يمكن تلخيصه في؛ لو أنَّ وكيلًا ذكيًّا هو من قام بتصميم الحياة على الأرض، إذًا لأمكنه أن يخلق حياة أخرى ذات تصميم مثاليّ، لا يتضمن أية نقائص واضحة، وكان بإمكانه أيضًا أنْ يفعلَ ذلك من البداية، ويبدو أنَّ لهذا الاعتراض قدرًا من الجاذبية الشعبية، غير أنَّهُ لا يتعدى صورة معكوسة لحجة دايوجينز؛ فبما أنَّ شيئًا ما لا يناسب فكرتنا عن: كيف ينبغي أنْ تكون الأشياء؟ إذًا فهو دليل ضد التصميم.

لقد تردد هذا الاعتراض بين أوساط العلماء والفلاسفة البارزين، لكنه طُرِحَ بشكل متقن على يد كينيث ميلر (Kenneth R. Miller) عالم الأحياء بجامعة براون: "هناك طريقة أخرى للرد على نظرية التصميم الذكي؛ وهي أن نفحص النظم البيولوجية المعقدة بعناية، بحثًا عن أخطاء لا يمكن لأيِّ مصمم ذكي أن يرتكبها. ولأن التصميم الذكي يعتمد في عمله على أسس قوية قائمة على أرض صلبة، فينبغي أن تكون الكائنات –التي تم تصميمها– قادرة على تنفيذ مهامها بشكل مثالي. وبالمقابل؛ لأن التطور يعتمد على البِنَى البيولوجية الهيكلية الفزيائية القائمة بالفعل، فلا ينبغي عليه أن يصل للكمال. فأيّ من البِنَى البيولوجية الحالية يعتبر نظامًا بيولوجيًّا معقدا؟

تمدنا العين –النموذج المفترض للتصميم الذكيّ– بالإجابة، فلطالما سبق وتغنينا بالمزايا الاستثنائية لهذا العضو، لكننا لم نستعرض جوانب محددة في تصميمه مثل؛ التمديدات المشبكية العصبية لوحدات التحسس الضوئي، فهذه الخلايا المستقبلة للضوء، والتي تقع في

شبكية العين، تمرر سيالًا عصبيًا لمتسلسلة من الخلايا المتصلة بينيًا، والتي بدورها تمرر المعلومات لخلايا العصب البصري في النهاية، وصولًا إلى الدماغ.

والمصمم الذكي -الذي يتعامل مع عناصر تلك التمديدات المشبكية- حتمًا سينتقي الاتجاه الذي يحقق أفضل وأعلى درجة جودة بصرية، فعلى سبيل المثال؛ لا يمكن لأحد أن يقرر وضع الوصلات العصبية أمام الخلايا المستقبلة للضوء بدلا من أن توضع خلف شبكية العين -وبالتالي يُمنَع وصول الضوء إلى الخلايا المستقبلة له-.

لكن -وبشكل لا يمكن تصديقه- تلك هي كيفية بناء شبكية العين البشرية!

فهناك خلل كبير يُوْجِبُ على التمديدات المشبكية العصبية أن تدخل مباشرة خلال جدار شبكية العين، لنقل السيالات العصبية الصادرة عن الخلايا المستقبلة للضوء إلى الدماغ، والنتيجة كانت نقطة عمياء في شبكية العين؛ وهي منطقة تقوم فيها ملايين الخلايا الحاملة للسيل العصبي بدفع الخلايا الحسية وتنحيتها جانبًا.

وينبغي ألا يُفهمَ هذا الكلامُ كإيحاء بأن العين تعمل بصورة سيئة، بل هي آلة بصرية رائعة؛ حيث أنها تخدمنا بشكل جيد للغاية. إنّ مفتاحَ نظرية التصميم الذكي لا يكمنُ فيما إذا كان عضو أو نظام ما يعمل بشكل جيد أو لا، لكنه يكمن في التخطيط الأساسي للبناء البيولوجي الهيكلي، فالنظام هو نتاجٌ واضحٌ يدلُّ على حدوث التصميم. وبالنسبة للتخطيط الهيكلي للعين؛ فلا يتضح فيه أيَّ تصميم ذكي". [١٦]

لقد عَكَسَ حديثُ ميلر التباسًا وغموضًا جوهريًّا واضحًا؛ فمفتاح نظرية التصميم الذكي لا يكمن فيما إذا كان التخطيط الأساسي للبناء البيولوجي الهيكلي هو نتاج واضحٌ لحدوث التصميم أم لا، إنَّ الاستدلال على حدوث التصميم في النظم المتفاعلة قائم على (رصد التعقيد غير القابل للاختزال)، والذي يكون على مستوى عالٍ من التحديد والتخصص. فلا يضاهي تراصُّ العناصر المنفصلة متقنة التوافق والتركيب -لتحقيق وظيفة ما- أيًّا من العناصر نفسها. وبالرغم من تأكيدي أنّه ينبغي على المرء دراسة النظم البيولوجية الجزئية للوصل إلى أدلة تثبت وجود التصميم، لكن لنستخدم مقالَ ميلر كنقطة انطلاق، لدراسة إشكاليات أخرى بخصوص حجة (انعدام الكمال).

الإشكالية الأكثر جوهريّة؛ هي أنّ الاعتراض يستلزم ويستوجب وجود الكمال على الدوام! وبصورة أوضح؛ إنّ المصممين الذين لديهم القدرة اللازمة لصنع تصميمات أفضل لا يحتاجون –بالضرورة– لفعل ذلك. فمثلًا يعتبرُ التقادم المخطط أو المدمج أمرًا شائعًا في مجال التصنيع، حيث يتمّ تعمّد ذلك أثناء تصنيع المنتج؛ لكي لا يدوم استخدامه، ويصبح غير مرغوب فيه بعد مدة زمنية معينة، على الرغم من أنه قد يكون صالحًا، وذلك لأسباب حلّت محلَّ أبسط أهداف التميز الهندسي! ومثال آخر شخصي: إنني لا أعطي أطفالي أفضل وأجذب الألعاب خشية إفسادهم بأن يكونوا مدللين، كذلك لكي يدركوا قيمة القرش. تتغاضى حجة (انعدام الكمال) عن إمكانية وجود دوافع متعددة للمصمم تُحيلُ التميز الهندسي مرارا إلى دورٍ ثانوي. لقد اعتقد معظمُ الناس –على مر التاريخ– وجود التصميم، رغم ما يقعُ من أمراض وموت ونقائصَ أخرى واضحة.

الإشكالية الأخرى في حجة انعدام الكمال أنَّها تعتمد بشكل انتقاديّ بارز على التحليل النفسي للمصمم (غير معلوم الهوية)؛ فمعرفة الأسباب التي من شأنها أن تجعل مصممًا ما يفعل كذا ولا يفعل كذا تكاد تكون مستحيلة، إلا إذا أخبرك المصمم نفسه بها. يمكنني مثلًا أنْ أزورَ معرضًا للفن الحديث، لأجد –بالصدفة– أشياء مصممة وغامضة (بالنسبة لي وحدي على الأقل). فالخصائص التي تباغتنا بغرابتها في تصميم ما قد تكون وضعت هناك بواسطة المصمم لسبب ما؛ لسبب فنيّ جماليّ مثلًا، أو لإضفاء التنوع، أو للتباهي والتفاخر، أو لغرض عمليّ غير واضحٍ ولم يكتشف إلى الآن، أو لسبب لا يمكن تخمينه، أو أن الخصائص وضعت بدون سبب أصلا. فحتى إن كانت تبدو غريبة، لا يمكننا إنكارها؛ لأنها لاتزال مصممة على يد كيان ذكي عاقل. إنَّ العلة من الاهتمام بالعلم ليست معرفة الحالة العقلية الداخلية للمصمم، بل (هل يستطيع الفرد تلمس التصميم من حوله أم لا؟). وفي مناقشة عن سبب قدرة الكائنات الفضائية الموجودة على الكواكب الأخرى بناء تكوينات اعتبارية، حيث يمكننا ملاحظتها ونحن على سطح الأرض كتب الفزيائي فريمان دايسن: "لست محتاجًا للتساؤل والبحث عن الدوافع، فمن يريد –ولماذا– أنْ يفعلَ مثل هذه الأشياء؛ لماذا يفجر الجنس البشري القنابل الهيدروجينية؟! لماذا يبعث بصواريخ صوب القمر؟! إنه من العسير تحديد الأسباب بدقة".[١٧]

وعند النظر فيما إذا كانت الكائنات الفضائية ستحاول بث الحياة على الكواكب الأخرى أم لا؛ كتب فرانسيس كريك (Francis Crick) وليسلي أورجل (Leslie Orgel): "انَّ فهمنا

لسيكولوجية المجتمعات الناشئة خارج الأرض ليس أفضل من فهمنا لسيكولوجية المجتمعات الأرضية، فمن الممكن جدا أنْ تستهدف تلك المجتمعات -التي توجد خارج كوكب الأرض- كواكب أخرى، لأسباب مختلفة تماما عن تلك التي اقترحناها سابقا".[١٨]

استخلص هؤلاء الكتاب في كتاباتهم أنه يمكن للتصميم أن يتجلى ويلمس في غياب المعلومات عن دوافع المصمم.

الإشكالية التالية؛ أن المؤيدين لحجة انعدام الكمال يستخدمون -بصورة متكررة- تقييمهم النفسي للمصمم كدليل إيجابي يؤكد أن التطور غير موجه. ويمكن كتابة الاستنتاج في صورة قياس منطقي:

١) كان يمكن للمصمم خلق العين الفقارية بدون البقعة العمياء.
٢) العين الفقارية لها بقعة عمياء.
٣) إذًا فالعين نتاج التطور الدارويني.

وبسبب استنتاج كهذا -تحديدًا- ابتكرت هذه العبارة (Non Sequitur)؛ أي نتيجة كاذبة.

لا تحتوي المؤلفات العلمية على دليل يبرهنُ أن الانتقاء الطبيعي المعتمد على الطفرة يمكنه أن يُنْتِجَ عينًا ببقعة عمياء، أو بدون بقعة عمياء، أو جفنًا، أو عدسة، أو رودوبسن rhodopsin، أو فايتمنA الدهايد! لقد انتهى المناظر إلى استنتاجه المؤيد للداروينية استنادًا -فقط- على شعوره النفسي تجاه الأشياء، وكيف ينبغي أن يكون حالها من وجهة نظره. لكن أيَّ متفحص -أكثر موضوعية- سوف يخلص إلى أن العين الفقارية لم تصمم بواسطة شخص موسوم بـ(انعدام الكمال)، وأيُّ استقراء خارجي لوكلاء أذكياء يُعد أمرًا غير وارد.

لم تنشر مقالة كين ميلر في مجلة (Reader's Digest)، لكنها نشرت في مجلة (Technology Review) ، وجمهور قراءها -في الواقع- رفيعو الثقافة ومحنكون، كونهم قادرين على التعامل مع المفاهيم العلمية المجردة وتتبع الحجج الصعبة، ليصلوا إلى نتائج ثابتة. وفكرة أن يقدم ميلر لهؤلاء القراء حجة تستند لعلم النفس والعاطفة -بدلا من العلوم الطبيعية الصعبة- سوف تعطي انطباعًا مغايرًا لما أشيع عن القوة المتضائلة للتصميم الذكي في مقابل التطور.

ما دورها؟

وهناك بعض الاعتراضات التي تفرعت عن الاعتراض الأساسي -لم يكن لمصمم أن يفعل ذلك بهذه الطريقة!- تتطلب استجابة مختلفة؛ فبدلا من قولهم (إن هذا بناء بيولوجيًا هيكليًا ذو فائدة أو استخدام، لكنه يحتوي على نواقص لا ينبغي أن تكون موجودة) حدَّدَ كاتبٌ بعضَ الخصائص التي ليس لها فائدة أصلا! وعادة ما تكون هذه الخصائص مشابهة لخصائص مفعلة الاستخدام لدى أجناسٍ أخرى، لذا تظهر وكأنها كانت تستخدم قبل ذلك، لكنها فقدت وظيفتها فيما بعد. وتلعب الأعضاء الأثرية دورًا بارزًا في هذه الحجة؛ على سبيل المثال ذكر عالم الأحياء التطوري دوجلاس فوتوما (Douglas Futuyma) أنَّ (العيونَ البدائية الأولية لحيوانات الكهف- والساقين الضئيلتين عديمتي الفائدة لدى السحالي التي تشبه الثعابين- وآثار الحوض في ثعابين الأصلة) كلها دلائل على حدوث التطور.[19]

وبما أنني عالم بيوكميائي، فأنا أفضل النسخة البيولوجية الجزيئية من هذه الحجة؛ يتحدث كين ميلر عن الجينات المتعددة التي تنتج مختلف الأشكال للهيموجلوبين في الإنسان: "هل (الخمسة جينات) تعتبرُ نتاجًا بديعَ الصنعِ لذلك التصميم المعقد، أم أنَّها سلسلةٌ من الأخطاء التي أتاحت الفرصة للتطور، كي يستغل انهزامَ التصميم؟ إن المجموعة الجينية نفسها، وتحديدًا جين الهيموجلوبين -β-السادس- (sixth β-globin gene) من بين تلك المجموعة- يمدنا بالجواب؛ يتطابق هذا الجين -تقريبًا- مع الخمسة جينات الأخرى، بيد أنّ هذا الجين -وبشكل غريب- لا يقوم بأيِّ دورٍ في إنتاج الهيموجلوبين! فعندما يطلق علماء البيولوجي مسمي الجينات الكاذبة (pseudogenes) على مثل هذه المناطق، يعكس هذا حقيقة أنها مهما كانت تشبه الجينات العاملة المفعلة فهي -في الواقع- ليست كذلك".[٢٠]

يخبر ميلر القراء أنَّ ذلك الجين (الكاذب) لا يملك العلامات المناسبة لتعلم بقية مكائن الخلية إمكانية تخليق البروتين منه. ثم أفضى ميلر إلى التالي: "لا يمكن أن تفسر نظريةُ التصميمِ الذكيِّ وجودَ الجينات الكاذبة اللاوظيفية، إلا إذا كانت على استعداد للسماح بقولنا: إنَّ المصمم قد ارتكب أخطاء خطيرة، مهدرًا ملايين من قواعد الأحماض النووية (الدنا) على مخطَّط أساسي -قيد التعديل- مليء بالأخطاء والعيوب. لكن في المقابل يستطيع التطور تفسيرها -بسهولة- على أنها ليست إلا نتاج تجارب فاشلة، تقوم على عملية عشوائية من التضاعف الجيني، التي لا تزال قائمة في (الجينوم) كبقايا تطورية".[٢١]

هذه الحجة غير مقنعة لثلاثة أسباب؛

أولًا: ليس معنى أننا لم نكتشف -حتى الآن- استخدامًا لبناء بيولوجي هيكلي ما أنه بلا فائدة. فمثلا؛ كانت تعتبر لوزتا الحلق -سابقًا- من الأعضاء عديمة الفائدة، لكننا اكتشفنا لهما -بعد ذلك- وظيفة مناعية هامة. كما يمكن أن يكون لحوض ثعبان الأصلة فائدة ما يقوم بها، لكننا نجهلها. هذه النقطة تنطبق أيضا على المستوى البيولوجي الجزيئي؛ فرغم كون جينات الهيموجلوبين الكاذبة -والجينات الكاذبة الأخرى- لا تستعمل في تخليق البروتين، إلا أنه يمكن أن تكون مستخدمة لأغراض أخرى لا نعلم عنها شيئا. ويمكن أن يتبادر إلى الذهن بعض الاستخدامات الممكنة -وأنا هنا على مكتبي- مثل الالتحام بجينات الهيموجلوبين النشطة أثناء تنسُّخ الحمض النووي، لتحقق استقرار وثباتية الحمض النووي أو الدنا (DNA)، أو أن تكون لتوجيه أنشطة تأشيب الحمض النووي، أو توفير عوامل البروتين للجينات النشطة. وسواء كانت هذه هي الواجبات الفعلية لجينات الهيموجلوبين الكاذبة أم لا، فلا يهم، لكن النقطة الأساسية هنا أن تأكيد ميلر يستند إلى مجرد افتراضات لا غير.

ثانيًا: لإخفاق حجة ميلر في القدرة على الإقناع؛ أنه حتى لو افترضنا أن الجينات الكاذبة بلا وظيفة، فالتطور لم يستطع تفسير كيفية نشأتها أصلا. ثم إنه كي يتم تخليق نسخة كاذبة من الجين، يلزم العديد من البروتينات المعقدة؛ أن يفكَّ تشابك سلسلتي الحمض النووي، وأن تتراصف مكائن النسخ في الوضع الصحيح، وأن تلفق النوكليوتيدات مع بعضها في سلسلة، وأن تدرج النسخة الكاذبة مرة أخرى في الحمض النووي.. إلى غير ذلك من العمليات المطلوبة. ففي مقال ميلر؛ لم يوضح لنا كم من هذه الوظائف يمكن أن تكون قد نشأت خلال العملية الداروينية خطوة بخطوة؟ كما أنه لم يشر أيضا إلى أية مقالات أو مؤلفات العلمية متاحة يمكننا البحث فيها عن معلومة. الواقع يقول إنه لا يستطيع فعل ذلك؛ لأن المعلومة -في الأصل- لا يمكن العثور عليها في أيِّ مكان.

وأمثال (دوجلاس فوتوما)، الذي ذكر أن الأعضاء الأثرية دليل على التطور، لديهم نفس الإشكالية؛ فلم يفسر فوتوما -أبدًا- كيف لحوض أو عين حقيقيين أن يتطورا قبل كل شيء، لكي يكونا سببًا في ظهور عضو أثري ما بعد ذلك؟ ومع هذا يحتاج كلٌّ من العضو الفعال والعضو الأثري لتفسير. لا أزعم فهمي الكامل لكل شيء -تصميمًا كان أم تطورًا-، الأمر أبعد من ذلك. الأمر أنني لا أستطيع أن أغض الطرفَ عن دليل حدوث التصميم. فعلى سبيل

المثال؛ إن أدرجت خطابًا ما في آلة تصوير المستندات، وخلقت العديد من النسخ الجيدة، ونسخة واحدة تحتوي على بضع من البقع المتناثرة فوقها، سأكون مخطئا إن استخدمت هذه النسخة الملطخة المشوهة كدليل على أن آلة التصوير ظهرت بمحض الصدفة! إنَّ الحجج المستندة على الأخطاء الملحوظة المحسوسة أو الجينات والأعضاء الأثرية ستستدعي خطر حجة دايوجينز؛ أنّ تعاقب فصول السنة دليل دامغ على التصميم. فافتراض (كيف يجب على الأشياء أن تكون؟) من وجهة نظرنا أمرٌ فاسدٌ علميا.

منذ زمن بعيد.. بعيد جدًا

السبب الثالث لإخفاق حجة ميلر –في أن تصيب الغاية المرجوة منها– هو في الواقع شيء لا يمكن تخيله، ناتجٌ عن الخلط بين فكرتين منفصلتين؛ النظرية القائلة بـ(التصميم الذكي) وبين نظرية (الأرض الفتية). ويرجع اعتقاد الكثير من العامة أنَّ النظريتين مرتبطتان إلى درجة أن الجماعات الدينية –التي كانت تدافع بقوة عن كلتا الفكرتين– كانت تتصدر عناوين الصحف الرئيسية والمشهد برمته. ففكرة أن المصمم كان لزامًا عليه صنع الحياة منذ عهدٍ قريبٍ واضحة ضمنيًا في حجة ميلر عن الجينات الكاذبة، وهي لازمة للغاية في استنتاجاته واستخلاصاته. كما أنها ليست جزء من نظرية التصميم الذكي. والاستخلاص الذي يقول أن بعض خصائص الحياة التي صممت بالفعل يمكن أن تُخْلَقَ مع غياب المعرفة بتوقيت حدوث ذلك. إنَّ الطفلة التي تنظر إلى الوجوه على جبل (راشمور) ستعرف على الفور أن هذه الوجوه مصممة، لكن يجوز ألّا تكون على دراية بتاريخها، كل الذي يحتمل منها معرفته هو أن هذه الوجوه صممت قبل مجيئها للمكان بيوم، أو أنها هكذا في مكانها منذ بداية الخليقة. ويمكن لمتحف أن يعرض تمثالًا لقطة من معدن البرونز، زاعمًا أنه صنع في مصر منذ آلآف السنين، ثم يتم فحص التمثال بأساليب تكنولوجية متقدمة، ويتضح أنه مزيف ومصنوع حديثا. رغم ذلك –وفي كلتا الحالتين– فإن تمثال القطة البرونزي قد تم تصميمه –بلا أدنى شك– بواسطة وكيل ذكي.

لم تكن تحتاج النظم البيوكيميائية المعقدة غير القابلة للاختزال –التي تحدثت عنها في هذا الكتاب– لأن تُخْلَقَ منذ عهد قريب؛ فمن الممكن جدا –واعتمادًا على دراسة النظم نفسها– أن تكون قد صممت منذ مليارات السنين، وانتقلت إلى الحاضر من خلال العمليات العادية الطبيعية للاستنساخ الخلوي. ربما يمكن لسيناريو تَحَزُّري أن يوضح هذه النقطة؛ لنفترض أنّه – منذ ما يقرب من أربعة بلايين سنة– عمدَ المصمم لتكوين الخلية الأولى، التي تحتوي بالفعل

على كل النظم البيوكيميائية المعقدة غير القابلة للاختزال –ما ناقشنا وما لم نناقش–، ثم تم تعطيل عددٍ من جينات الكائنات الحية لبعض الوقت –وأحيانا لعدة أجيال– لتُفَعَّلَ في وقت لاحق. هكذا يمكن للمرء أن يفترض جدلًا أن تصاميم النظم التي كان من المقرر استخدامها في وقت لاحق –مثل نظام تخثر الدم– كانت موجودة بالفعل، لكنها لم تكن (مفعلة). علاوة على ذلك؛ افترض –مثلا– أن المصمم وضع في الخلية بعض النظم الأخرى، التي لا تمكننا من تقديم دليل كافٍ على حدوث التصميم، لذا ترك الخلية التي تحتوي على الأنظمة المصممة بعد برمجتها لتتناسخ وتتبدل بنيتها الحيوية، وتتغذى ويتم التغذي عليها، ولتفرغ حمولتها، وتعاني كل تقلبات الحياة على الأرض، كل ذلك يحدث بشكل أوتوماتيكي دون أي تدخل. أثناء هذه العملية –نظم السرعة كين ميلر– قد تنشأ الجينات الكاذبة في بعض الأحيان، ويفقد جهاز ما –معقد– وظيفته. ولا يعني حدوث تلك المصادفات أن النظم البيوكيميائية الأولية لم يتم تصميمها، فالتآليل والتجاعيد الخلوية التي يعتبرها ميلر دليلًا على التطور قد تكون ببساطة دليل على تقدم العمر!

تحتاج الفكرة البسيطة ردحًا من الزمن كي تبلغ التطور المطلوب، لكنَّ شيئا واحد بإمكانه إزاحتها عن الطريق؛ وهو خلطها بفكرة دخيلة لا تنتمي للنسق. إنَّ نظرية التصميم الذكي –دون خلطها بما لا ينتمي لها منطقيًّا– نظرية متكاملة قوية البنيان، إنّها تستطيع الإجابة على حجة (عدم الكمال) بسهولة تامة.

عالم معقد

إنَّ إدخالَ بعض التحسينات البيولوجية عن طريق التحوّر والانتقاء الطبيعي (التطور) متوافقٌ إلى حدٍّ كبير مع نظرية التصميم الذكي، وقد أولى ستيفن جيي جولد Stephen Jay Gould – المتخصص في علم المتحجرات، والمدرس في جامعة هارفرد– اهتمامًا كبيرًا وخاصًا بإبهام حيوان الباندا؛ يتغذى الباندا العملاق على البامبو، ولنزع الأوراق عن البراعم يمسكها بمخالبه وبـ(ناشزة) عظمية على معصمه، رغم امتلاكه خمسة أصابع أساسية. ويعرضُ ستيفن كيف كان يستطيع المصمم أن يمنح حيوان الباندا إبهامًا –مواجهًا– حقيقيًّا، ويستنتج من ذلك أنّ إبهامَ الباندا جاء نتيجة التطور. يقع ستيفن جولد في نفس الإشكاليات التي ناقشناها من قبل؛ حيث يفرض على المصمم أن يتصرف كما يرى ستيفن، لذا ينبغي أن يكون إصبع الإبهام عند الباندا

متسقًا مع بقية الأصابع وِفقَ رؤيته -لا كما هو عليه الآن-، ويستخدم هذه الاستنتاجات بعد ذلك كدليل يؤكد التطور! إنّه لم يُجْرِ أيّة تَجْرِبَة علمية تدعم فكرته، لم يحسب لنا امتداد عظام الرسغ الضروري لذلك، لم يعطِ شرحًا للتغيرات السلوكية التي ستصاحب تغير البنية العظمية، لم يذكر كيف كانت تأكل حيوانات الباندا قبل اكتسابها هذه الإبهام؟ لم يقم بشيء سوى تأليف القصة.

لكننا سنغُضُّ الطرفَ عن هذه الأسئلة مليّا؛ ونفترض أن هذا ما حدث بالفعل، فلماذا لا يتفق سيناريو الباندا عند جولد مع نظرية التصميم الذكي؟ إنَّ إبهامَ الباندا يعتبرُ صندوقًا أسود؛ لذا يمكننا القول أنه عند تخليق إبهام الباندا لم يتطلب ذلك أية نظم جديدة -غير قابلة للاختزال- في الخلية. من المقبول أن تكون النظم الموجودة بالفعل -والتي تخلق بروتينات العضلات والألياف العصبية، وترسي العظام ومصفوفة البروتين، وتجعل الخلايا تنقسم لبعض الوقت، ثم تجعلها تتوقف عن الانقسام_ كانت كافية أصلا. ومن الممكن أن تكون هذه الأنظمة كافية تماما لتُسَبِّبَ هذا النتوء، بعد أن تُرْبِكَ بعضُ المصادفات مخططات الطبيعة العادية وآليّات عملها، ثمّ أيَّدَ الانتقاءُ هذا التغيير بعد ذلك. ليس لدى نظرية التصميم الذكي ما تقوله حول نظام بيولوجيّ أو بيوكميائي ما إلا إذا كانت كلُّ عناصرِ هذا النظام معروفةً، وتُدلِّلُ على أنه مكوّن من عدة أنظمة منفصلة ومتفاعلة فيما بينها. ومن هنا يتبيَّنُ أنَّ نظرية التصميم الذكي تستطيع التعايش بسلام مع (إبهام الباندا).

نحن نعيش في عالمٍ معقَّدٍ.. كلُّ الاحتمالات مطروحة وممكنة ههنا؛ يضعُ الجيولوجيُّ عواملَ كثيرة في حسبانه قبل أن يقرِّرَ كيف تشكلت الصخور -بمختلف أنواعها- ووصلت لهيئتها الحالية، مثل المطر والرياح وحركة الأنهار الجليدية، ونشاط الطحالب والأشنيات، وتأثير البراكين والانفجارات النووية، وتأثير الكويكبات، وبقايا التمثال المنحوتة. قد تُعتمَدُ آليّة معينة لتفسير تَشَكُّلِ صخرة ما، لكنّها لا تجدي نفعًا مع صخرة أخرى؛ إنّه لا يسعُكَ إغفالُ تأثيرِ النيازك ولا يمكنك التغاضي عن البراكين، لن تستطيعَ إنكارَ التماثيل التي نحتتها اليدُ البشرية، ولا تلك التي نحتتها يدُ الطقس. ولقد اعترف علماء الأحياء التطوريون أن العديد من العوامل يمكنها أن تكون قد أثّرت على تطور الحياة؛ كالأصل المشترك والانتقاء الطبيعي، والهجرة، وتعداد وكثافة السكان، وتأثير المؤسس -أي ما يرجع تأثيره لذلك العدد اليسير من الكائنات الحية عند بداية ظهور جيل جديد-، والانحراف الأليلي -وهو انتشار طفرات (محايدة) غير

انتقائية–، وانسياب الجينات –وهو إدراج الجينات وراثيًا من تجمع لآخر–، والارتباط الجيني –أي حدوث ترابط بين الجينات المتقاربة على الكروموسوم الواحد–، و المحرك الانتصافي –اصطفاء تفضيلي أثناء الانتصاف، أو بمعنى آخر؛ الانتقاء التفضيلي أثناء إنتاج الخلايا الجنسية لإحدى نسختي الجين الموروثة من أبوي الكائن–، ونقل الجينات –وهو طريقة بواسطتها تنتقل الجينات بين الكائنات الحية المختلفة على نطاق واسع، عن طريق وسائل غير جنسية، أو تحصل الكائنات الحية على مواد وراثية من كائنات أخرى دون أن تكون من نسلها–، والكثير من العوامل الأخرى المؤثرة. وحقيقة أنَّ بعض النظم البيوكميائية قد تم تصميمها عن طريق مصمم ذكي لا تعني أنّ العوامل الأخرى ليست فعالة أو مُشترِكَة أو هامة.

ما الذي سيحدثه العلم؟

إنَّ اكتشافَ التصميم يزيد العوامل التي يجب على العلم تقصّيها عند محاولة تفسير الحياة. ما الذي سيعود على مختلف فروع العلم بعد الدراية والمعرفة بالتصميم الذكي؟ يمكن لعلماء الأحياء أن يستمروا في عملهم على المستوى الخلوي أو ما فوق الخلوي في بحوثهم، دون الالتفات كثيرًا للتصميم؛ ذلك لأن كائنات ما فوق المستوى الخلوي تعتبر صناديق سوداء، ولأنه من الصعب إثبات فكرة التصميم. حتى أولئك الذين يعملون في مجالات علم الإحاثة، والتشريح المقارن، وعلم الوراثيات السكانية، والجغرافيا البيولوجية، لا ينبغي عليهم ادعاء وجود التصميم، إلى أن تستطيع العلوم الجزيئية أن توضح تأثير التصميم على تلك المستويات العليا. إنّ إمكانية حدوث التصميم ستجعل باحثي علم الأحياء يترددون قبل قولهم (إنّ هذه الخاصية البيولوجية أنتجت –بعد ذلك– عن طريق آلية أخرى؛ مثل الانتقاء الطبيعي أو نقل الجينات). وبدلا من ذلك، سيتحتّمُ إنتاجُ نماذج مفصلة تبيّنُ سبب التأكيد على أنّ آلية ما أدت لوجود خاصية بيولوجية ما.

وعلى عكس التطور الدارويني؛ فإنّ نظرية التصميم الذكي تعتبر جديدة على العلم الحديث، لذا هناك العديد من الأسئلة التي تحتاج جوابًا، وكثير من العمل الذي ينتظر. بالنسبة لأولئك الذين يعملون على المستوى البيولوجي الجزيئي فسيكمن تحديهم في التحديد الدقيق للأنظمة التي صممت والأنظمة التي نشأت عبر آليات أخرى. وسيتطلب الاستدلال على وجود التصميم تحديد عناصر النظام البيولوجي الجزيئي المتفاعل، والأدوار التي تؤديها تلك العناصر. بالإضافة

إلى إثبات أن النظام ليس مزيجًا مركبًا من عدة أنظمة منفصلة غير متفاعلة. كما سيحتاج القائل بعدم حدوث التصميم إلى إثبات أن النظام قابل للاختزال، وأن تلك التفصيلات والدقة والتنوعية العالية بين عناصر التكوين ليس لها وجود. وسيتطلب تحديد قضايا التصميم الخلافية استقصاء تجريبيًّا ونظريًّا للنماذج. وفقَ هذا الاستقصاء سيمكننا القول ما إذا كان هناك نظامًا ما يتطور على نحو مستمر، أو سنحتاج توضيح لتبيان لما تطور النظام سيكون بالضرورة غير مستمر. يمكن أن تسلك البحوث المستقبلية عدة اتجاهات مختلفة. يمكن العمل لتحديد ما إذا كانت معلومات الأنظمة المصممة ستظل كامنة لفترات طويلة من الزمن، أو ما إذا كانت المعلومات التي يمكن ان تكون أُضيفَت في وقت يقترب حينما أصبح النظام جاهز للعمل. وبما أن أبسط سيناريو تصميم ممكن يفترض خلية واحدة – كُوِّنَت من بلايين السنين الماضية – احتوت بالفعل على كل المعلومات لإنتاج كائنات حية منحدرة منها، فيمكن لدراسات أخرى اختبار هذا السيناريو من خلال محاولة لاحتساب كم الدنا (DNA) المطلوب لتشفير المعلومات، مع الأخذ في الاعتبار أن معظم المعلومات قد تكون خفية ومستترة. إذا كانت الدنا وحدها غير كافية، فيمكن البدء لمعرفة ما إذا كان ممكناً للمعلومات أن يتم تخزينها في الخلية بطرق أخرى –كالمعلومات الموضعية مثلا–. ويمكن لأعمال أخرى أن تركز علي ما إذا كانت الأنظمة المركبة الأكبر –التي تحتوي علي نظامين معقدين او أكثر غير قابلين للاختزال– يمكنها تدريجيا أن تتطور أو أن هناك مركبات غير قابلة للاختزال.

ما سبق مجرد تساؤلات واضحة تنبع من نظرية التصميم. ومما لا شك فيه أنَّ أسئلة أكثر ستثار، وستكون أفضل نوعيّة وأدقّ تركيبًا كلما زاد فضول العلماء تجاه التصميم، ونظرية التصميم الذكي تتوعد بإنعاش حقل العلوم التي أصبحت بلا معنى، نتيجة لعدم قدرتها على طرح حلول قابلة للتطبيق أمام المشكلات العويصة. المنافسة الفكرية التي أوجدها التصميم ستجلب تحليلات أكثر دقة للمؤلفات العلمية المهنية، وسيتطلب ذلك أن تكون التأكيدات مدعومة بمعطيات قوية ثابتة. ستُطلق النظرية شرارة البدء للمناهج التجريبية، والفرضيات الجديدة التي لم يتم تجريبها بعد. نظرية (التصميم الذكي) الدقيقة ستكون أداة مفيدة لتقدم العلوم؛ ذلك الميدان الذي يحتضر منذ عقود.

الفصل الحادي عشر

علم – فلسفة – دين

المأزق

تمكن علمُ الكيمياء الحيوية خلال العقود الأربعة الماضية من كشف أسرار الخلية، وحصل هذا التقدم بصعوبة وتطلب عشرات الآلاف من الناس ليخصصوا أفضلَ أوقاتِ حياتهم من أجل العمل الممل في المختبر. الطلاب الخريجون الذين ينتعلون أحذية التنس الموحدة يذرعون المختبر جيئةً وذهابًا في وقت متأخر من ليلة السبت، وطلاب ما بعد الدكتوراه يعملون ١٤ ساعة في اليوم سبعة أيام في الأسبوع، والأساتذة يتجاهلون أطفالهم في سبيل صقل وإعادة صقل عروض المنح آملين أن يحرروا القليل من المال من جيوب السياسيين الذين لديهم جمهور أكبر من الناخبين عليهم إطعامه. هؤلاء هم الذين جعلوا البحوث العلمية تتقدم للأمام، لقد تم جمع المعرفة التي نمتلكها الآن عن الحياة على المستوى الجزيئي من التجارب التي لا تُعَدُّ ولا تُحْصى والتي تمَّ فيها تنقية البروتينات واستنساخ الجينات وأخذ صور إلكترونية مكروية وزرع خلايا وتحديد بُنًى ومقارنة تسلسلات وتغيير متثابتات وضبط ذلك كله. تم نشر النشرات وفحص النتائج وإجراء المراجعات والبحث في المجالات المجهولة أو عن جدوى تلك النتائج وتم تسليط الضوء، فكانت النتيجة لهذه الجهود المتكاملة لفحص الخلية وفحص الحياة على المستوى الجزيئي نداء عالٍ وواضح وثاقب ينادي بوجود التصميم وكانت النتيجةُ غيرَ ملتبسة أبدا ودقيقة جدا كونها تصنف كأحد أعظم الإنجازات في تاريخ العلم، نافس هذا الاكتشاف من هم في رتبة (نيوتن وأينشتاين ولافوازييه وشرودينغر وباستور وداروين).

ملاحظة التصميم الذكي للحياة أساسيةٌ جدًّا مثل ملاحظة أنَّ الأرضَ تدورُ حول الشمس أو أنَّ المرض تسببه الجراثيم أو أنَّ الإشعاعَ يصدر بواحدة الكم (يبدو أنها وحدة الكم). جاذبية هذا النصر المحصلة بثمن كهذا غالٍ عبر الجهور (يبدو أنها الجهود) المطولة عبر العقود يتوقع أنَّها ستطلق سدادات شراب الاحتفال في المختبرات عبر العالم وأنَّ هذا النصرَ للعلم سيثير صيحات (يوريكا) وتعني (وجدتها) من عشرة آلاف فم ويجب أن تكون حافلة بضرب الأكف ببعضها وربما تكون عذرا ليوم إجازة.

ولكن لم تُفتحْ أيَّةُ زجاجات ولم تضربْ أيةُ أكفٍّ ولكن بالعكس أحاط صمت فضولي محرج بالتعقيد الشديد في الخلية. وعندما يطرح الموضوع للعموم يبدأ تبديل الأقدام في حرج ويصبح التنفس صعبا أمّا في السر فالناس أكثر راحة والعديد يعترفون بصراحة بالأمر الواضح

ولكنهم بعد ذلك ينظرون إلى الأرض ويهزون رؤوسهم وينتهي الأمر عند ذلك. لماذا لا يحتضن المجتمع العلمي اكتشافه الرائع ولماذا يتم التعامل مع ملاحظة وجود التصميم بقفازات عقلية؟ المعضلة هي أنه في حين أن أحد جانبي الفيل يدل على التصميم الذكي فإنَّ الجانب الآخر يمكن أن يدل على الخالق.

لكن الجاهل قد يسأل السؤال الواضح وماذا في ذلك؟ فكرة أنَّ وجودَ الخالق ليستْ غيرَ شائعةٍ بل هي بعيدة عن ذلك فالإحصاءات تدل على أنَّ أكثرَ من ٩٠% من الأمريكيين مؤمنٌ بالخالق وأنَّ نصفَهم تقريبًا يرتادُون الخدمات الدينية بشكل منتظم. السياسيون يستحضرون اسم الخالق بانتظام كبير -وبشكل أكبر في وقت الانتخابات-، والعديد من مدربي كرة القدم يصلُّون مع فرقهم قبل المباريات والموسيقيون يؤلفون التراتيل والفنانون يرسمون صورا لأحداث دينية ومنظمات رجال الأعمال تجتمع لأداء الصلوات والمشافي والمطارات تحوي معابد صغيرة والجيش والكونغرس يوظف القساوسة، وكبلد يكرم الناس أمثال (مارتن لوثر كينغ) والذي كانت أفعاله مبنية على أساس من الإيمان بالخالق ومع كل هذا الإثبات العمومي لماذا يجب أن يجد العلم من الصعب عليه تقبل نظرية تدعم ما يؤمن به معظم الناس على أي حال؟ هناك عدة أسباب الأول منها هو أن مشكلة العديدَ منّا ميال إلى الشوفينية البسيطة، والأسباب الأخرى تعتمد على علاقات تاريخية وفلسفية خاصة بالعلم. هذه الأسباب المختلفة تتفاعل كلها مع بعض بطرق معقدة ولكن دعونا نتناولها كلا على حدة.

الولاء

الناس الذين يكرسون حياتهم لمسعى نبيلٍ يصبحون عادة موالين له بشكل شرس على سبيل المثال رئيسة كُلِّية يمكن أن تكرس كل جهودها لتقوي كليتها لأنَّ تعليم الناس خدمة جديرة بالاحترام، وضابط في الجيش سيعمل لتطوير قسمه من الخدمة لأنَّ الدفاعَ عن الوطن هدف ثمين. في بعض الأحيان يسبب الولاء لمعهد معين صراعا بين المصلحة والغاية التي يخدمها المعهد، كما أن الضابط يمكن أن يسرع بقواته إلى معركة من أجل النصر على الرغم من أنه يمكنه التعقل وطلب القوات الجوية لعمل الضربة الأولى. يمكن لرئيسة الكلية أن تغري رجال الكونغرس الممثلين لولايتها أنْ يخصصوا مالًا لبناء جديد في حرم كليتها، على الرغم من أن هذا المال قد يدعم التعليم بشكل أفضل في مكان آخر.

العلم مسعى نبيل يمكنه أن يولد ولاء بغيضا. هدف العلم هو توضيح العالم الفيزيائي وهو مشروع مُهِمٌ جدا، ولكن على كل حال فمجالات أكاديمية أخرى -الفلسفة والكهنوت بشكل خاص- تدخل في توضيح أجزاء هذا العالم على الرغم من أنه وفي معظم الأوقات تبقى هذه العلوم خارج مجالات العلوم الأخرى فإنَّها تتصارع في بعض الأحيان وعندما يحدث ذلك يقدم بعض الناس المتفانين تخصصاتهم على الغايات التي يفترض أن تخدمها هذه التخصصات.

يمكنُ أنْ نجدَ مثالًا جيّدًا على شيفونية تخصصية في كتاب روبرت شابيرو (الأصول) (ينبغي ذكر اسم الكتاب والمؤلف باللغة الإنجليزية) دليل المشكك إلى خلق الحياة على الأرض بعد تقديم نقد ممتع ومدمر للدراسات العلمية عن أصل الحياة يعلن (شابيرو) ولاءَهُ الراسخ ليس لهدف شرح العالم الفيزيائي وإنّما للعلم.

ربما يأتي اليوم الذي تفشل فيه التجارب الكيميائية المنطقية المجراة لكشف الأصل المحتمل للحياة بشكل نهائي، وأكثر من ذلك فإنَّ أدلَّةً جيولوجية قد تكشف ظهورَ الحياة المفاجئ على الأرض وأخيرًا يمكن أنْ نكتشفَ الكوْنَ كلَّهُ ولا نجدُ فيه أثرًا للحياة أو لعملية تقود للحياة في مكان آخر. وفي مثل هذه الحالة يمكن لبعض العلماء أن يختاروا الاتجاه إلى الدين كجواب والآخرون ومنهم أنا سيحاولون أن يصنفوا كل التفسيرات العلمية الأقل إمكانا على أمل أن يختاروا أحدها والذي يمكنه أن يكون أكثر احتمالًا من غيره.

يذهب شابيرو ببسالة للقول: "لا تبدو الأشياء جليَّةً حتى الآن متعارضة مع كل ما كتبه تقريبا حتى هذه اللحظة".

يمكنه أن يطمئن معرفيا أنَّه لن يأتي يوم تفشل فيه كل التجارب بشكل صريح كما أنه لن يأتي يوم نستبعد فيه وجود وحش بحيرة نيس. والوقت الذي يستكشف فيه كل الكون بشكل يدعو للارتياح هو وقت بعيد جدا.

الشخص الموضوعي يمكنه أنْ يفكرَ بما أنَّهُ لم يثبت أيًّا من الافتراضات العلمية فلا بُدَّ من الحاجة إلى تفسير أساسي مختلف. بعد كل شيء أصلُ الحياة كان حدَثًا تاريخيًّا فهو ليس كالبحث عن علاج للسرطان حيْثُ يمكن للعلم أن يظلَ يحاول حتى ينجح ربما أصل الحياة لم يحدث بتفاعلات كيميائية غير موجهة كما يأمل شابيرو وبالنسبة لمشارك فاعل في البحث قد لا يكون استنتاج التصميم أمرٌ مرضي بالنسبة له. فكرة أنَّ معرفةَ الآليات المستخدمة لإنتاج الحياة

يمكن أن تكون بعيدةً عن متناولهم باعتراف الجميع أمرٌ محبط للعديد من العلماء على الرغم من أنَّنا يجب أن نكون حذرين من أن يوجهنا طغيان النظرية إلى أن نتحيز في قراءة البيانات.

الولاء لمعهدٍ أمرٌ جيد ولكن الولاء المحض ليس قابلا للجدل -كُلًّا بكل- . أثر الشيفونية العلمية على نظريات تطور الحياة هو اصطناع اجتماعي مهم يجب أخذه بعين الاعتبار، ولكن أهميته الفكرية بالنسبة لقضية التصميم الذكي مهملة في النهاية.

درس تاريخ

السبب الثاني لنفور العلم من التعامل مع الفيل يأتي من التاريخ منذ الوقت الذي اصطدم فيه بعض العلماء لأول مرة مع بعض الكهنوتيين حول نظرية داروين عن التطور. على الرغم من أن العديد من العلماء والكهنوتيين ظنوا أنَّ التطورَ الداروينيَّ يمكن أنْ يتصالح بشكل سهل مع المعتقدات الأساسية لمعظم الأديان فإنَّ الدعاية ركزتْ على الصراع دائما. كانت لهجة الحديث جيدة عندما حاور الأسقف (ساموبل ويلبرفورس توماس هنري هاكسلي) وهو عالم ومدافع قوي عن التطور فبعد سنة من إصدار كتاب داروين المؤثر نُشر أن الأسقف وهو كهنوتي جيد ولكنه عالم حياة ضعيف أنهى خطابه بالسؤال: "أنا أتمنى أن أعرف إن كان هاكسلي يدعي أنَّهُ متحدر من قرد من جهة جده أمْ من جهة جدته؟"

دندن هاكسلي بشيء من قبيل: "لقد وضعه الله بين يدي" وأكمل ليعطي الجمهور والأسقف درسا موسعا في علم الحياة.

وفي نهاية شرحه أعلن هاكسلي أنَّهُ لا يدري إنْ كان من جهة جده أم من جهة جدته متحدرا من قرد ولكنه يحبذ لو كان متحدرا من قرد على أن يكون رجلا عنده موهبة المنطق وأن يستخدمها كما استخدمها الأسقف ذلك اليوم . هنا غابت النساء عن الوعي وهلل العلماء وانطلق الصحفيون ليكتبوا العنوان العريض (حرب بين العلم والكهنوت).

أما الحدث الذي حصل في أمريكا والذي حدَّدَ إدراك العامة للعلاقة بين العلم والكهنوت كان محاكمة (سكوبيز) في عام ١٩٢٥م. جون سكوبيز وهو مدرس لعلم الأحياء للمرحلة الثانوية في قرية صغيرة اسمها (دايتون. تينيسي) نافح ليتم اعتقاله إثر مخالفة قانون الولاية المطبق والذي يمنع تدريس التطور. بوجود محام مخضرم مثل (كلارنس دارو) للدفاع عنه وهو

الخاسر في ترشيحات الرئاسة ثلاث مرات (وويليام جينينغز برايان) في دور الإدعاء ضمن وجود سيرك الإعلام. وعلى الرغم من خسارة فريق سكوبيز المحاكمة إلا أن إيمانه أظهر بشكل مفصل وبشكل أكثر أهمية الدعاية عن التعارض بين الدين والعلم.

لقد وقعت محاكمة سكوبيز وجدال (هاكسلي – ويلبرفورس) منذ زمن بعيد ولكن الأحداث التي تلت ذلك أبقت الصراع مستمرا، وعلى مرّ العقود الأخيرة الماضية فإنَّ المجموعاتِ التي تؤمن لأسباب دينية بأنَّ الأرضَ حديثةٌ نسبيا –ضمن عشرة آلاف عام– قد حاولت أنْ تدرس وجهة نظرها لأولادها في المدارس العمومية. كما أنَّ العوامل الاجتماعية والسياسية الداخلة في هذا الوضع معقدة تماما وهي مزيج قوي من القضايا المتنازع عليها مثل الحرية الدينية وحقوق الأبوين وتحكم الحكومة في التعليم والحقوق الفيدرالية في وجه الدولة وكلها مشحونة بالعاطفة لأنها تدور حول الأطفال.

بسبب إمكانية استنتاج عمر الأرض من القياسات الفيزيائية اعتقد معظمُ العلماء بأنَّ المجموعات الدينية قد تدخلت في مجال اختصاصهم ودعتهم للمحاسبة. عندما قدَّمَتْ المجموعاتُ دليلًا فيزيائيًّا يدعون فيه أنه يدعم الأرض الفتية صاح العلماء مستهزئين ووصفوه بأنَّهُ غيرُ كافٍ ومتحيزٍ واشتعلت النزاعات على كلا الطرفين وظهرت النوايا السيئة. وبعض هذه النوايا السيئة ظهر على هيئة معاهد فعلى سبيل المثال: تم إنشاء منظمة تدعى (المركز الوطني لتعليم العلم) منذ ١٢ عاما مضت –عندما مرَّرَتْ عدة ولايات قوانين متلائمة مع الخلق– وهذه المنظمة تكافح الخلقيين كلما حاولوا التدخل في سياسة المدارس العامة.

تعود هذه الصراعات لتظهر في الوقت الحاضر، ففي عام ١٩٩٠م طلبتْ مجلةُ (ساينتفيك الأمريكية Scientific American) من كاتب علمي يسمى (فورست ميمز) أن يكتب عدة أعمدة لمقالة (العلماء الشباب) والتي تعالج مواضيع مثل قياس أطوال صواعق البرق وبناء مراصد شمسية قابلة للنقل وصنع مقياس زلازل لتسجيل حركات الأرض –مشاريع مسلية من أجل أولئك الذين يحبون العلم– وكان التفاهُمُ أنَّهُ إذا لاقت الأعمدة إعجاب القراء والمحررين فإنَّ ميمز سيصبح كاتبًا دائما، كل الأعمدة التجريبية كانت جيدة ولكن عندما قدم ميمز إلى نيويورك لإجراء المقابلة الأخيرة سئل إن كان يؤمن بالتطور فأجاب ميمز بأنَّهُ لا يؤمن بالتطور وإنَّما يؤمن بالرواية الإنجيلية للخلق؛ رفضت المجلة توظيفه وكانت خائفة من أن وجود خلقي في طاقمها سيؤذي سمعتها بين العلماء وعلى الرغم من أن ميمز كان مؤهلا بشكل جيد ولم يكن لديه أيَّةُ مخططات ليكتب عن التطور.

من المؤكد أنَّ مشاهد من فيلم (Inherit the wind) الذي بني على نحو غير محكم على محاكمة سكوبيز ومشاهد الأخبار التي تظهر المعارك بين الخلقيين وأعدائهم السياسيين قد ومضت في عقول محرري المجلة.

ومثل هذه الصراعات المصغرة كقضية ميمز –على الرَّغْم من أنَّها لا تؤثر مباشرة على القضيَّةِ الفكرية الأساسية في كيفية نشوء الحياة على الأرض– فإنَّها تغذي نيران الصراع التاريخي بين العلم والدين وتقنع الكثير من الناس أنَّهم يجب أن ينتموا حتما لأحد المعسكرين.

إن الأحداث التاريخية التي اصطدم بها العلماء مع المجموعات الدينية حقيقية وتسبب ردات فعل عاطفية حقيقية وهي تجعل بعض الناس المحبين للخير يظنون بأنَّهُ يجب أنْ يحافظ على منطقة منزوعة السلاح بين الاثنين مع منع الاشتباك. كما الشيفونية العلمية وعلى الرغم من أهمية الصراعات التاريخية بالنسبة للفهم الفعلي العلمي لتطور الحياة إلَّا أنَّها معدومةٌ بشكل كامل. أنا لا أظن بسذاجة أنَّ الاكتشافات الكيميائية الحيوية يمكن تقييمها بعيدا عن ظلال التاريخ ولكن يجب فعل ذلك عند الحد الأقصى الممكن.

على عكس المغالين والجدالات التاريخية فإنَّ الجدالات الفلسفية التي تسعى لإسقاط الخلاصة بالقول بالتصميم الذكي واقعية. وهي تؤثر في القضية على المستوى الفكري وليس فقط على المستوى العاطفي، وهناك العديد من القضايا الفلسفية المختلفة دعونا نتفحصها.

القاعدة

قدم (ريتشارد ديكرسون) –وهو كيميائي بارز وعضو منتخبٌ في نخبة الأكاديمية الوطنية للعلوم وهو مختص في دراسة البروتينات والدنا (DNA) بتصوير البلورات بالأشعة السينية،– هو والعاملون في مختبره إسهاماتٍ جديرةً بالذكر في فهمنا لبنية جزيئات الحياة وهو ليس العالم الأبرز في الولايات المتحدة وإسهاماته ليست الأكثر لفتا للأنظار، ولكن ديكرسون وبطرق عدة هو مثال العالم المتفاني فشخصه وحالته المهنية هي ما يتمناه آلاف الطلاب الخريجين بعد العمل ليلًا ونهارًا في المختبر حالمين بأنْ يصبحوا أشخاصًا محترمين في المجتمع العلمي مثله.

آراء ديكرسون المنشورة تُظهر بشكْلٍ لطيف نظرةَ العديد من العلماء لعالم الدين. فمنذ عدة سنوات خلت كتب ديكرسون مقالة قصيرة يلخص فيها وجهات نظره في العلم وجها لوجه مع

الدين ونشر هذه المقالة في Journal of molecular evolution، دورية علمية، وProspectives of science and Christian faith) مجلة تنشرها الجمعية العلمية الأمريكية وهي منظمة من العلماء المسيحيين البروتستانت . لذلك فمن الآمن أنْ نستنتجَ أنَّ ديكرسون لم يكنْ يوجهُ ملاحظاته إلى الناس الذين شاركوا أفكاره وإنَّما كان جهدا صادقا لإظهار ما يفكر به كوجهات نظر منطقية ومقنعة للأشخاص المتباعدين في الآراء، وبسبب انسجامها مع معظم وجهات نظر العلماء فبإمكان مقالة ديكرسون أن تشكل نقطة انطلاقٍ مفيدةٍ لمعرفة كيف يمكن لنظرية التصميم الذكي أنْ تنسجم مع العلم.

العلم لعبةفي الأساس..

لعبة ذات قاعدة واحدة جوهرية ومعرَّفة

القاعدة رقم ١ : دعونا نرى إلى أيّ حدّ وإلى أيِّ مدّى يمكننا أنْ نفسِّرَ سلوكَ الكوْن المادي والفيزيائي بمصطلحات الفيزياء البحْتة والأسباب الماديّة بدون استدعاء ما فوق الطبيعي.

ليس للعلم العملي أيُّ دور في وجود أو عدم وجود ما فوق الطبيعي فهو يطلب فقط ألَّا يدخل هذا العامل في التفسيرات العلمية. مستدعيًا المعجزات ذات الهدف الخاص كتفسيرات لتشكل حالة من الخداع الفكري، يمكن للاعب الشطرنج أن يزيلَ ملك خصمه من مكانه على اللوحة ويرميه وسط المباراة ولكن ذلك لن يجعله بطل شطرنج؛ لأنه لم يتبع القواعد ويمكن للعداء أنْ يأخذ طريقا مختصرا عبر المضمار البيضوي في سبيل الوصول إلى خط النهاية قبل زملائه الأسرع منه، ولكنه يمتنع عن ذلك لأنَّ ذلك لن يشكل فوزا في قواعد الرياضة.[٢]

دعونا نعيد صياغة قاعدة ديكرسون إلى ما يلي: العلم يجبُ أنْ يستشهدَ فقط بالأسباب الطبيعية وأن يقدم تفسيراته مستدلا بالقانون الطبيعي فقط.[٣] توضح إعادة الصياغة هذه ما هو مفهوم ضمنا في العبارة: "دعونا نرى لأيِّ مدى".

في هذه المقالة لا يدعي ديكرسون أن الدليل العلمي قد أظهر أنَّ ما وراء الطبيعية لم يؤثرْ أبدًا في الطبيعة، ولأولئك القلقين حول تعريف ما وراء الطبيعي لنستبدله بـ(الذكاء الأعلى) ولكنه يناقش أن العلم يجب ألا يستشهد به. المضمون الواضح هو أنَّهُ يجب ألَّا يستحضر أنَّهُ صحيحٌ أم لا. ومما يتصل بتطور جدليته أن ديكرسون عضو في الجمعية العلمية الأمريكية ولذلك فهو

يؤمن بالخالق وليس لديه سبب مسبق للاعتقاد بأنَّهُ لا يوجد شيء ما وراء الطبيعة ولكنه يعتقد أنه ليس علما جيدا أن نقدم ما فوق الطبيعي كتفسير للحدث الطبيعي.

إنَّ العلماء الذين يؤمنون بالخالق أو بحقيقة ما وراء الطبيعة هم أكثر شيوعا مما تدفعنا وسائل الإعلام للتصديق به. فلا يوجد سبب للاعتقاد أن الرقم ٩٠% من التعداد العام الذين يؤمنون بوجود الخالق ليس فيهم علماء. (كين ميللر) والذي حلَّلْنا جدليتَهُ عن النقص في الفصل السابق هو رومي كاثوليكي مثلي أنا أيضا، وهو يوضح وجهة نظره بشكل علنيّ متحدثا أن الإيمان بالتطور متوافق مع وجهات نظره الدينية وأنا أتفق معه أنها متوافقة،[4] التوافق أو نقصه غير مرتبط بالسؤال العلمي فيما إذا كان التطور الدارويني للنظام الكيميائي الحيوي صحيحًا على أيِّ حال.

من المهم أن نلاحظ أنَّ مناقشة ديكرسون ليست علمية في حد ذاتها فهي لم تكتشف في تجربة في المختبر وهي ليست نتيجة لخلط الكيماويات في أنبوب اختبار وهي ليست فرضية قابلة للاختبار وإنما هي فلسفة، ربما تكون فلسفة جيدة وربما لا، دعونا نتفحصها عن قرب.

سيتفاجأ معظمُ الناس عندما يعلمون أنَّ العلمَ بشكل أساسي إنّما هو لعبة، وخاصة دافعوا الضرائب الذين يموِّلون العلم بعشرات المليارات الدولارات في السنة. فهم ربما يظنون أنَّهم ينفقون مالهم لإيجاد علاجات وأدوية للسرطان والإيدز وأمراض القلب. ما يعني المواطنين هو الأمراض التي يعانون منها أو ربما تلك التي قد تظهر في الأعمار المتقدمة يريدون أن يكون العلم قادرًا على علاج المرض وليس أن يلعب لعبة ليس لها علاقة بالواقع. أنا أشك أنَّ داروين أو نيوتن أو أينشتاين فكروا في العلم بهذه الطريقة. فعمالقة العلم حفزهم العطش لمعرفة العالم الحقيقي والبعض -مثل غاليليو- دفعوا ثمنا لمعرفتهم، بالنسبة للطلاب كتب العلم لا تقدم العلم كلعبة ولكن كبحث نبيل عن الحقيقة. معظم الناس من دافع الضرائب العادي إلى العلماء البارزين يودون رؤية العلم على أنه محاولة حثيثة لصنع بيانات صحيحة عن العالم الفيزيائي أكثر مما يودون رؤيته على أنه لعبة.

إن الإصرار على أنَّ العلم لعبة لا يصمد حتى مقابل فحص خاطف. ولا يمكن لأحدٍ أنْ يصمدَ طويلا إذا سئل عنه، من الواضح أن ديكرسون نفسه ربما سيتراجع عن تصريحاته إذا اضطر للدفاع عنها أمام جمهور متشكك، ومن الواضح أن ديكرسون لديه شيء آخر في باله ربما يعني أن العلم كاللعبة نشاطٌ مقيَّدٌ بقاعدة فهل العلم كذلك؟ وإذا كان كذلك فما هي القاعدة؟

دعونا نركز على السؤال التالي ديكرسون يذكر قاعدة واحدة فقط تلك التي تستثني ما فوق الطبيعي فمن أين جاء بها؟ هل هي مكتوبة في كتاب؟ أم أنه وجدها في القوانين المرافقة للمجتمعات العلمية؟ لا بالطبع يمكنك أنْ تبحثَ في كل الكتب المستخدمة في التعليمات العلمية في كل الجامعات الكبرى في هذا البلد ولن ترى (القاعدة الوحيدة الموجهة والمعرفة) ولن ترى أيَّةَ قواعد عامة أخرى تصف كيف يتم العمل في العلم –عدا قواعد السلامة والالتزام بالنزاهة وغيرها–.

على الرغم من ذلك، دعونا نسأل كيف تساعد قاعدة ديكرسون؟ هل تخبرنا هذه القاعدة ما هي المواضيع التي هي خارج قدرة العلم؟ هل تعطينا دليلا لتمييز العلم الحقيقي عن العلم الكاذب؟ هل تعطينا تعريفا لما هو العلم؟ والجواب على كل هذه الأسئلة هو لا. قبل بضعة سنين تم نشر مقال ممتاز في مجلة علمية ذات هيبة وقد حلل هذا المقال منطقية الناس الذين يمتنعون عن إنجاب الأولاد في سبيل مساعدة الآخرين –لنقل كالأم تيريزا– ضمن شروط استراتيجيات التكاثر التطورية.[٥] علم كهذا لا ينتهك قاعدة ديكرسون، قاعدة ديكرسون الوحيدة الموجهة والمعرفة.

سوف تتحمل بسعادة علم فَرَاسَةِ الدِّماغ من القرن التاسع عشر الذي يحاول أن يميز ذكاء وشخصية الناس بناء على شكل جماجمهم. لا تزودنا قاعدته تلك بأي إرشاد حول صحة الماركسية والفرويدية (أيْ علوم) التاريخ والعقل على الترتيب. لا تساعدنا القاعدة في التنبؤ بأنَّ وضع العلقات على المرضى أو جعلهم ينزفون لتقليل حرارتهم ستنجح في ذلك. يبدو أنَّ العديدَ من الأشياء ستركب موجة العلوم تحت قاعدة ديكرسون ما دامت لا تستخدم إلَّا القوى المادية على الرغم من كونها غامضة ومحيرة.

في الواقع قاعدة ديكرسون هي قول مأثور ومهنيٌّ مثل "الزبون دائما على حق" أو "الموقع الموقع الموقع" فهي ما عاش عليه العاملون في هذه المهنة في السابق وما يظنون أنَّهُ فعال ويريدون أن يمرروه كحكمة مختصرة إلى الجيل اللاحق من العاملين في نفس المجال. خلف قاعدة ديكرسون هناك صورٌ مبهمة للفايكينغ. الذين يعزون البرق والرعد لعمل الآلهة وصور الأطباء وهم يحاولون إخراج الأرواح الشريرة من المرضى. وقريبا من العلم الحديث هناك ذكريات حول (إسحق نيوتن) وهو يصرح أنَّ الخالق يتدخل أحيانا لإعادة حالة الاستقرار إلى

النظام الشمسي. الخوف هو أنَّهُ إذا سمح لما وراء الطبيعة أن تكون تفسيرا فلن يكون هناك مجال لإيقاف ذلك وسيتم الاستشهاد به بشكل متكرر لتفسير العديد من الأشياء والتي لها تفسير طبيعي في الحقيقة، هل هذا خوف منطقي؟

لا أحد يمكنه توقعُ تصرفات البشر، ولكن يبدو بالنسبة لي أنَّ الخوفَ مما وراء الطبيعي يظهر في كل مكان من العلم ويضخم بشكل كبير. إذا دخلت طالبتي المتخرجة إلى مكتبي وقالت: إنَّ ملاك الموت قتل مزرعتها الجرثومية فلن أميل لتصديقها. ومن غير المرجح أن تنشأ مجلة (الكيمياء الحيوية The Journal of Biological Chemistry) قسْمًا جديدًا عن التنظيم الروحي للنشاط الإنزيمي. تعلم العلم على مدى نصف الألفية الماضية أنَّ الكوْنَ يعمل بتنظيم كبير في معظم الأوقات وأن القوانين البسيطة والتصرفات المتوقعة تفسر معظم الظواهر الفيزيائية. ركز مؤرخو العلم على أن العلم ولد من ثقافة دينية -أوروبا في العصور الوسطى- والتي كانت تقاليدها الدينية تتضمن الخالق المنطقي الذي صنع كونا منطقيا قابلا للفهم ومرتبطا بالقوانين.[٦] يتوقع كل من العلم والدين أن العالم سيدور دائما وأبدا وفقا لقانون الجاذبية الثابت.

هناك استثناءات بالفعل، فيجب استحضار بعض الأحداث التاريخية الفريدة أحيانًا لكي نفسرَ الأثرَ الناتجَ عنها، تظهر السجلات الأحفورية أنَّهُ قبل حوالي ٦٠ مليون سنة مضت ماتَتْ كل الديناصورات في فترة جيولوجية قصيرة، زعمت إحدى النظريات بأنَّ نيْزَكًا كبيرا اصطدم بالأرض مرسلا غيوما من الغبار في الغلاف الجوي ومسببا موت الكثير من النباتات مخلا بسلسلة الطعام. هنالك بعض الأدلة غير المباشرة تدعم النظرية مثل مستويات من عنصر (الإيريديوم) نادر الوجود على سطح الأرض والموجود بكثرة في النيازك موجود بتراكيز مرتفعة في صخور تلك الحقبة الجيولوجية، ومن ثَمَّ تمَّ قبول الافتراض من قبل العديد من العلماء. وعلى الرغم من ذلك لمْ يسارعوا للافتراض بأنَّ النيازكَ هي سبب وراء كل الأحداث، فلم يقُلْ أحدٌ بأنَّ النيازك سببت الوادي الكبير أو انقراض الخيول في أمريكا الشمالية ولمْ يقلْ أحد: إنَّ جزيئات الغبار الصغيرة الناتجة عن النيازك هي سبب الربو أو أنَّ النيازك تنشِئُ الأعاصير. تم تقييم فرضية علاقة النيزك بانقراض الديناصورات على أساس دليل مادي بالنسبة لحدث تاريخي معين. لدينا كل الأسباب للتوقع بأنَّ الدليلَ سيقامُ في كل قضية على انفراد إذا ما استدعيت النيازك لشرح حدث تاريخي آخر.

بشكل مماثل يجب تقييم الفرضيات القائلة بوجود عنصر ذكي في تطور الحياة أو الأحداث التاريخية الأخرى على أساس كل قضية لوحدها، وكما لاحظنا في الفصل التاسع فالدليل دامغ بالنسبة لبعض الأنظمة الكيميائية الحيوية وغير ظاهر بالنسبة لبعضها الآخر. إذا افترض عالم وجود ذكاء في بعض الأحداث الأخرى فيجب أنْ تقع المسئولية عليه أو عليها لدعم هذا الافتراض بالأدلة الملموسة، فالمجتمع العلمي ليس سهل الانقياد بحيث يتحول التشكيك الصحي إلى سذاجة.

شأن آخر قد يقع خلف مقالة ديكرسون وهو الطريقة العلمية فالافتراض والتحقق المتأني وقابلية الإعادة خدمت العلم بشكل جيد ولكن كيف يمكن التحقق من المصمم الذكي؟ هل يمكن وضع المصمم في أنبوب اختبار؟ بالطبع لا ولكن أيضا لا يمكن وضع السلف المشترك في أنبوب اختبار. المشكلة هي أنَّهُ كلما حاول العلم تفسير حدث تاريخي مميز يكون التحقق المتأني وقابلية الإعادة حسب التعريف مستحيلا، يمكن أن يكون العلم قادرًا على دراسة حركة المذنب المشهور الذي ضرب الأرض منذ ملايين السنين الماضية؛ لأنَّ العلمَ قادرٌ على ملاحظة أثر النيزك الطويل على الأرض الحالية وبشكل مماثل العلم يمكنه أن يرى الآثار التي تركها المصمم في الحياة.

النقطة النهائية التي أتمنى أن أوضحها حول مناقشة (ريتشارد ديكرسون) هي أنَّهُ على الرغم من أنه لم يتقصد ذلك بشكل أكيد فإنَّها وصفة للجبن. فهي تحاولُ أنْ تقيدَ العلمَ بطريقة واحدة غير سامحة له بتفسيرات مختلفة بشكل أساسي وهي تحاول أنْ تضعَ الواقعَ في صندوق أنيق ولكن لن يمكن وضع الكون كله في صندوق، أصل الكون وتطور الحياة هي الأساسات المادية التي أدت إلى عالم مليء بالكائنات الواعية. ليس هناك سبب سابق للاعتقاد بوجوب تفسير تلك الأحداث العميقة بنفس الطريقة التي تفسر بها الأحداث الفيزيائية الأخرى، فالعلم ليس لعبة والعلماء يجب أن يتبعوا الدليل المادي أينما قادهم بدون أي قيود مصطنعة.

طاردوا الأشباح

السبب الرابعُ وهو السببُ الأقوى لمعارضة العلم تبني نظرية التصميم الذكي مبني على اعتبارات فلسفية، فالعديد من الناس ومنهم العلماء المهمون والمحترمون جدا لا يريدون أنْ يكونَ هناك أيُّ شيءٍ خارج الطبيعة، فهم لا يريدون وجودا ما ورائيًا يؤثر على الطبيعة مهما كان

هذا الأثر ضئيلا أو بناء بعبارة أخرى مثل الخلقيين المؤمنين بفكرة الأرض الفتية الذين يلتزمون التزاما فلسفيا سابقا بالعلم الذي يقيد أيّ نوع من التفسيرات سيقبلونها حول العالم المادي وهذا ما يؤدي أحيانا إلى سلوك غريب.

فمنذ ٧٠ سنة فقط ظنّ معظم العلماء أنَّ الكون لا نهائيٌّ في العمر والحجم وهي فكرة آمن بها فلاسفة إغريق منذ العصور القديمة وكذلك جماعات دينية مختلفة والذين اعتقدوا بعدم وجود شيء وراء الطبيعة، في المقابل آمنت اليهودية ومن ثم المسيحية أن الكون خلق في زمن ما ولم يكن أزليا. لم يحاول اليهود الأوائل ومن بينهم بعض العلماء أن يقدموا دليلا على محدودية الكون وفي العصور الوسطى قال (توماس أكويناس) الكهنوتي البارز: إنَّهُ يمكن فقط عن طريق الإيمان معرفةُ أنَّ الكون له بداية ولكنَّ الزمنَ يتقدم وفي بداية القرن العشرين اكتشف أينشتاين أن نظريته العامة في النسبية توقعت كونا غير مستقر يمكنه أن يتوسع أو يتقلص ولكنه لا يمكنه البقاء ثابتا.

خاب أمل أينشتاين من كون كهذا واعترف لاحقا أنَّهُ الخطأ الأكبر في حياته المهنية مدخلا (عاملَ تصحيح) في معادلاته لعلها تتنبأ بكوْنٍ ثابت وأزلي.

كما يقول الآباء والمعلمون دائما: "الغشاشون لا ينجحون" فبعد وقت قصير لاحظ الفلكي (إيدوين هابل) أنَّهُ حيثما وجه تلسكوبه في السماء فإنَّ النجومَ تبدو في حركة مبتعدة عن الأرض هو لم يستطع رؤيتها تبتعد حقيقة ولكنَّهُ استنتج حركتها من ظاهرة تسمى (تغير دوبلر) والتي تصدر فيها النجوم التي تتحرك مبتعدة عن الراصد ضوءًا له طول موجة أطول وكلما كانت حركتها أسرع؛ تغير طول الموجة. وأكثر من ذلك فإنَّ السرعة التي تتحرك بها النجوم متناسبة طردا مع بعدها عن الأرض. وهذا كان الدليلُ المشاهدُ الأول الذي أكد أن معادلات أينشتاين قبل تحويرها كانت صحيحة في توقعها لتمدد الكون. لم يستلزم الأمر عالم صواريخ مع أنَّهُ كان هناك الكثير في الجوار لكي يعكس الكون المتوسع في ذهنه ويكتشف أنه في زمن ما في الماضي كانت المادة بأكملها متمركزة في الكون في فضاء صغيرٍ جدا وكان هذا بداية فرضية الانفجار الكبير.

بالنسبة للكثيرين فإن فكرة الانفجار الكبير تم تحميلها بالكثير من المعاني الإضافية المتضمنة حدثا فوق طبيعي (الخلق وبداية الكون). حتى تحدث الفيزيائي البارز

(أ.س.إيدينغتون) عن قرفه من مثل هذه الفكرة: "فلسفيا فكرة البداية المفاجئة للترتيب الحالي للطبيعة كريهة بالنسبة لي، كما أظن أنها كذلك بالنسبة للأغلبية، وحتى أولئك الذين يرحبون بدليل على تدخل الخالق سعتبرون أنَّ حدثًا واحدًا مربحًا لهم قد حصل منذ حقبة بعيدة في الزمن ليست هي حقا نوع العلاقة بين الخالق وعالمه التي ترضي العقل".[٧]

على الرغم من ذلك وبرغم مضامينه الدينية فإنَّ الانفجار الكبير كان نظرية علمية تدفقت بشكلٍ طبيعي من البيانات المشاهدة وليس من الكتابات المقدسة أو الرؤى الخارقة. معظم الفيزيائيين يتبنون نظرية الانفجار الكبير ويعدون برامج أبحاثهم عليها، والبعض أمثال أينشتاين قبلهم لم تعجبهم المضامين خارج العلمية للنظرية وناضلوا لإيجاد البدائل لها.

في القسم الأوسط من القرن العشرين ناصر الفلكي (فريد هويل) نظريةً أخرى عن الكون تسمى (نظرية الحالة الثابتة). اقترح هويل أنَّ الكوْنَ لا نهائيٌّ وأزليٌّ ولكنه اعترف أيضا أن الكون يتمدد وبما أنَّ الكون ما يزال يتمدد منذ زمن لا نهائي فلا بد أن مادته تضاءلت جدا حتى وإن بدأت بكم لا نهائي من المادة، ولكن كان على هويل أن يشرح لماذا كوننا الحالي كثيف إلى حدا ما. اقترح الفيزيائي البارز أنَّ المادةَ تنشأ في الفضاء الخارجي بمعدل ذرة هيدروجين للميل المكعب من الفضاء كل سنة. الآن من الضروري أن نركز على أن هويل يقترح خلق الهيدروجين من العدم وبدون سبب، المادة ببساطة ظهرت إلى الوجود وبالمعدل المطلوب وبما أنه لم يجد أي دليل مشاهد لدعم هذه الفكرة فلماذا اقترح هويل ذلك؟ يبدو أنَّهُ مثل إيدينغتون ظن أن نظرية الانفجار الكبير طرحت وبقوة ما فوق الطبيعي ووجد أن هذا الأمر كريه جدا.

وجدت نظرية هويل عن الحالة الثابتة دائما صعوبة في تفسير العديد من الأدلة المشاهدة في علم الفلك ففي الستينات أنهى أخيرا الفلكيان (بنزياس وويلسون) حياة النظرية بمشاهدتهما لإشعاع الخلفية فقد شاهدا موجات قصيرة تضرب الأرض من كل الجهات مع وحدة مدهشة في كثافة هذه الموجات فتوقعا أن إشعاع الخلفية هذا كان نتيجة للانفجار الكبير فمشاهدة إشعاع الخلفية كان وما زال يؤخذ على أنَّهُ النصر المكلل لنظرية الانفجار الكبير.

من المستحيل أن ننكر أن نظرية الاتفجار الكبير أصبحت نموذجا ماديا مثمرا عن الكون وعلى الرغم من أن أسئلة كبيرة تبقى (كما يحدث بشكل محتم في العلم الأساسي) فإن

النموذج قد تم إثباته ببيانات مشاهدة. علماء كاينشتاين ، إيدينغتون ، وهويل غشوا وحوروا جهودهم لمقاومة النظرية العلمية التي جاءت بشكل طبيعي من البيانات لأنهم ظنوا أنهم سيجبرون على قبول استنتاجات فلسفية أو كهنوتية غير مرضية . لا، لم يكونوا كذلك. فلم يملكوا أيَّ خيار آخر أصلا.

لا تقيدني

نجاح نموذج الانفجار الكبير ليس له علاقة بانطباعه الديني لقد بدا أنه يتفق مع العقيدة المسيحية - اليهودية لوجود الكون وقد بدا أنه يتعارض مع أديان أخرى اعتقدت أنَّ الكون لا نهائي ولكن النظرية أثبتت نفسها بالاستدلال بالبيانات المشاهدة -توسع الكون- وليس بالاستشهاد بالنصوص المقدسة أو التجارب الروحية للرجال المقدسين، جاء النموذج من الدليل المشاهد ولم يشذب لملائمة أي سياق قسري (بروكرستيزي) (يحتاج توضيح لأصل المصطلح في الهامش) لأيّةِ عقيدة دينية.

ولكن يجب ملاحظة أنَّ الانفجار العظيم على الرغم من أنَّهُ صديق للعديد من وجهات النظر الدينية فإنَّهُ لا يخضع لهذا الإيمان بالإكراه. منطقيا لا أحد مطلوب منه بقوة المنطق أن يصل إلى أي استنتاج ماوراء طبيعي على أساس الملاحظات العلمية والنظريات وحدها. شوهد هذا ابتداءا في محاولة أينشتاين وهويل لإيجاد نماذج بديلة تتناسب مع البيانات المشاهدة وتتجنب الاعتقاد غير المحبب ببداية الكون. عندما تم نفي نظرية الحالة الثابتة بشكل نهائي ظهرت نظريات جديدة تتجنب الارتباط الفلسفي بالبداية المطلقة. و كان الخيار الأكثر شعبية فكرة الكون الدوار والتي بدأ فيها التمدد الحادث بالانفجار العظيم يتباطأ وتحت قوة الجاذبية كل المادة تتقلص مجددا في مضغة كبيرة ومنها تبدأ القصة مرة أخرى ربما مع انفجار كبير آخر وتكرار لا متناهٍ لهذه الدورة سيعود إلى الطبيعة اللامتناهية في الوقت. من المثير للاهتمام - بالرغم من أنه ليس بذي علاقة علميا- أنَّ فكرة النظرية للكون الدوار متوافقة مع الكثير من الأديان متضمنة أديان المصريين القدماء والأزتك والهنود.[8]

تبدو فكرة الكون الدوار غير ذات حظوة في الفيزياء هذه الأيام وتمت ملاحظة أنَّ المادة غير كافية للقيام بتقلص جاذبي مستقبلي وحتى لو وجدت هذه المادة فإنَّ الحسابات تظهر أنَّ الدورات الناجحة ستصبح أطْوَلَ وأطول وتنتهي لكون لا يتقلص، ولكن حتى لو انتفى هذا

الخيار فهنالك أفكار أخرى موجودة لنزع مفعول الانفجار العظيم. ظهر مؤخرا طرح آخر ربما يفعل ذلك فالكون الحقيقي كبير جدا أكثر مما يمكننا أنْ نشاهد. والقسم من الكون الذي نراه هو مجرد فقاعة في الكون اللامتناهي. الفيزيائي (ستيفين هوكينز) طرح أنَّهُ على الرغم من أنَّ الكون لا متناهٍ فإنه لن تكون له بداية إذا وجد في معادلاته الرياضية شيء يسميه بال(الوقت التخيُّلي). فكرة أخرى هي وجود عدد غير متناه من الأكوان وأن الكون الذي نجد فيه أنفسنا قد وجد صدفة مزودا بالظروف المحدودة اللازمة لبدء أجل الحياة. وقد تم نشر هذه الفكرة تحت اسم (معتقد العهد البشري) في الجوهر يقول معتقد العهد البشري: "إن العدد الضخم أو العدد اللامتناه من الأكوان يتواجد مع قوانين فيزيائية متنوعة وأن الأكوان التي تحوي شروطا مناسبة للحياة ستعطي الحياة وربما تحوي مراقبين واعين. إذا ربما زيليون –عدد كبير غير محدد يستخدم للمبالغة– من الأكوان القاحلة تواجد في مكان ما، فنحن نعيش في الكون زيليون والكون الأول لأنَّهُ امتلك فيه خواص مادية متوافقة مع الحياة".

يصعق معتقد العهد البشري معظم الناس بمدى بساطته وسذاجته ربما لأنَّهم غير قادرين على معرفة أين سنضع كل هذه الأكوان الأخرى. أفكار أخرى متاحة أيضا للشخص الذي لايزال يرفض استدعاء ما وراء الطبيعة، في الفيزياء الكمية يوجد اعتقاد أن هناك أشياء مجهرية موجودة تسمى (الجسيمات الواقعية) يمكنها الظهور إلى الوجود عن طريق استعارة طاقة المحيط –والذي سمي– (الفراغ) وحتى لو كانت هذه الكلمة غير مستخدمة من قبل الفيزيائيين لتعني العدمَ فقد أخذ بعض الفيزيائيين هذه الفكرة بعيدا وقالوا: إنَّ الكون كله ظهر إلى الوجود ليس من أيّ محيط بل من العدم تماما –تموج كمي من العدم إلى الوجود– ومن دون سبب. هذا يظهر كيف أن بعض العلماء تعلموا أن يفكروا بطريقة أكبر مقارنة بأيام (فريد هويل) الذي كان يفكر بتواضع بالتخلق العرضي وبدون سبب لذرات الهيدروجين.

لم تعمل أيَّةُ تجربة لدعم فكرة أكوان الفقاعة –الوقت الخيالي– الزيليون عهد بشري. في الواقع يظهر أنه ما من تجربة يمكنها أن تكتشف هذه الأشياء من حيث المبدأ. حيث إنَّهُ لا يمكن مشاهدتها أو مشاهدة آثارها وبالتالي فهي افتراضات ميتافيزيقية لا يمكن الوصول إليها بالتقصي التجريبي أكثر من الاعتراف بوجود كائن فوق الطبيعي.

الهدف من المناقشة السابقة أنَّهُ بالرغم من أن فرضية الانفجار الكبير قد تبدو للنظرة الأولى لدعم أفكار دينية معينة فلا يمكن لأيَّة نظرية علمية أن تخضع الإيمان لعقيدة دينية يقينية بقوة المنطق المجرد وحده. لذلك يمكن للمرء أن يفترض أمورًا غيرَ قابلة للمشاهدة موضحا بها الكون. كنظرية أكوان بعدد غير منته ونظرية أن كوننا هو فقاعة في كون أكبر أو يمكن للمرء أن يبقى على أمل أن النظريات التي تبدو غير معقولة اليوم كنظرية الحالة الثابتة أو نظرية الكون المتذبذب يمكن أن تصبح أكثر معقولية في المستقبل عندما تعاد الحسابات أو تؤخذ قياسات جديدة أو يمكن إلغاء مبدأ السببية كما في النظريات التي تقول: إنَّ الكونَ جاء إلى الوجود بدون سبب.

معظم الناس قد يجدون هذه الأفكار طائشة قليلا ومع ذلك فهم لا يعتدون على الدليل المشاهد.

الفضائيون والمتنقلون عبر الزمن

إنَّ القول بأنَّ الكونَ قدْ بدأَ بالانفجار الكبير شيء والقول بأنَّ الحياةَ قد تمَّ تصميمُها من قبل مصممٍ ذكيٍّ شيءٌ آخر. عبارة الانفجار الكبير نفسها تستحضر صورًا لانفجار ما وليس بالضرورة شخصًا ما، يبدو أنَّ عبارةَ التصميم الذكي أكثرُ سرعة وإلحاحًا في طرح اسئلة عمن هو المصمم. هل يمكن وضع الأشخاص الذين لديهم التزام فلسفي ضد ما فوق الطبيعي في الزاوية بواسطة النظرية؟ لا فالخيال البشري واسع جدا.

السير (فرانسيس هـ.س. كريك) رجل ذكي على كل المقاييس وعلى مدى أربعين سنة مضتْ منذ أن كان طالبا متخرجا في جامعة كامبريدج. فقد استخدم (كريك وواطسون) بيانات تصوير البلورات بالأشعة السينية لاستنتاج بنية الدنا (DNA) وهو إنجاز استحقا على أساسه جائزة نوبل. استمر كريك ليسهم في شرح الشيفرة الوراثية وليطرح أسئلة مفاهيمية مثيرة عن عما الدماغ، وهو يدفع العلم إلى الأمام وبسرعة أكثر مما يفعل معظمنا في ريعان شبابه إنه الآن في سبعينياته وهو بصحة جيدة.

فرانسيس كريك يظن أنَّ الحياة على الأرض ربما بدأت مع الفضائيين من كوكب آخر، حيث أرسلت مركبة صاروخية تحوي بذورا لزراعتها على الأرض، وليست تلك بفكرة عديمة الجدوى فقد طرح كريك الأمرَ بداية مع الكيميائي (ليزلي أورجل) في عام ١٩٧٣م في المقال المعنون

(التبذير الشامل الموجه) المنشور في مجلة العلوم المحترفة (إيكاروس Icarus) وبعدها بعقد كتب كريك كتاب (الحياة بحد ذاتها) مكررا نظريته. في عام ١٩٩٢م نشرت مقابلة له في (Scientific American) عشيَّةَ إصدار كتابه الأخير وقد أكَّد كريك مجددًا أنَّهُ يعتقد أنْ النظرية منطقية.

السبب الأولي لمشاركة كريك لوجهة نظره غير التقليدية هو أنه يحكم على الأصل غير الموجه للحياة بأنَّهُ عقبة غير قابلة للتذليل ولكنه يريد تفسيرا طبيعيا. فمن أجل أهدافنا الحالية يكون القسم الممتع من فكرة كريك هو دور الفضائيين والذين يفترض أنَّهم أرسلوا جراثيم فضائيةً إلى الأرض ولكنه يمكن بنفس القدْرِ من الدليل أنْ يقولَ: إنَّ الفضائيين صمموا فعلا الأنظمة الكيميائية الحيوية المعقدة غير القابلة للتبسيط والتي أرسلوها إلى هنا، وإنَّهم أيضا صمموا الأنظمة المعقدة غير القابلة للتبسيط التي تطورت فيما بعد. الفرق الوحيد هو االانْتقال إلى الفرضية القائلة: "إنَّ الفضائيين أنشأوا الحياة، في حين أنَّ كريك أصلا افترض أنَّهم أرسلوها إلى هنا فقط".

وهي ليست وثبةً كبيرة إذا ما قيل بأنَّ حضارةً ما قادرةً على إرسال مركبات صاروخية إلى الكواكب الأخرى ستكون أكثر قدرةً على تصميم الحياة، خاصة إذا كانت هذه الحضارة لم تشاهدْ أبدا. يمكننا القول بأن تصميم الحياة لا يتطلب بالضرورة قدرات فوق طبيعية أكثر مما يتطلب الكثير من الذكاء. إذا كان طالبٌ متخرج في مختبر (إيرث باوند) يمكنه الآن أنْ يخططَ ويصنع بروتينات صناعية يمكنها الارتباط بالأكسجين فلا يوجد أيّ حاجز منطقي يمنع من التفكير في أنَّ حضارة متقدمة على كوكب آخر يمكنها أنْ تصمم الخلية الصناعية من أسسها.

هذا السيناريو يترك السؤال عمن صمم المصمم مفتوحًا فكيف نشأتْ الحياةُ في الأساس؟ هل سقط فيلسوف المذهب الطبيعي في الفخ الآن؟ لا، فمجددا يمكن تجنب هذا السؤال عن تصميم المصمم بعدة طرق حيث يمكن تحريف السؤال بالاستشهاد بأشياء غير مشاهدة، ربما كانت الحياة الأصلية لا تشبهنا وتتألف من حقول كهربائية متموجة أو غازات، ربما لا تحتاج بنى معقدة غير قابلة للاختزال لدعمها. احتمالية أخرى هي السفر عبر الزمن والتي طرحها بشكل جديّ فيزيائيون محترفون في السنوات الأخيرة. أبلغت (Scientific American) قراءها في إصدارها لشهر آذار ١٩٩٤م قائلة: "بعيدًا عن كوْنِهِ سخفًا منطقيا فإنَّ الاحتمالية النظرية لأخْذ رحلة إلى حياتنا السابقة هي نتيجة حتمية لمبادئ الفيزيائية الأساسية".

ربما سيرسل علماء الكيمياء الحيوية في المستقبل خلايا إلى ماضي الأرض تحوي المعلومات للبنى المعقدة غير القابلة للاختزال التي نراها اليوم. في هذا السيناريو يمكن للبشر أنْ يكونوا فضائيّي أنفسهم وحضارتهم المتقدمة الخاصة بهم. بالطبع السفر عبر الزمن يؤدي إلى تناقض واضح –الأمر كما لو أنَّ الأحفادَ يطلقون النار على الأجداد قبل أن تولد ذريتهم– ولكن على الأقل بعض الفيزيائيين جاهزون لتقبل هذه التناقضات، ومعظم الناس مثلي سيجدون هذه السيناريوهات غير مرضية أبدا، ولكنها متوفرة بالنسبة للذين يريدون أن يتجنبوا المضامين الكهنوتية المزعجة بالنسبة لهم.

في (صانع الساعة الأعمى) أخبر (ريتشارد دوكينز) قراءه أنَّهُ حتى لو لوح لهم تمثال مريم العذراء يجب ألا يستنتجوا أنهم شهدوا معجزة، ربما حدث أنَّ كل الذرات في ذراع التمثال تحركت صدفة في نفس الاتجاه وهو بالتأكيد حدَثٌ ضئيل الاحتمالية ولكنه ممكن.

معظم الناس الذين رأوا تمثالا يعود إلى الحياة سيخبرون دوكينز أنَّ هناك أمورا في السماء والأرض أكثر مما تحلم به فلسفته ولكنهم لن يستطيعوا جعله ينضم للكنيسة الإنجليزية.

عِشْ ودعْ غيرك يعيش

أمْ يجبُ عليهم أن يجربوا بحس واقعي جدا، فصل ميادين العلم عن الفلسفة والدين كما يجب أن تكون. كل شخص تتوفر له البيانات القادمة من حواسه أو حواسها وفي معظم الحالات يمكنه أن يتفق مع الناس الآخرين على ماهية هذه البيانات. ويمكن لمدى كبر من نزعات الناس الفلسفية والدينية المختلفة أن تتفق على نظريات علمية مثل الجاذبية أو الصفائح التكتونية أو التطور، لكي ينظموا البيانات (حتى لو كانت النظريات خاطئة بشكل كامل)، ولكن المبادئ الفلسفية التي تقبع خلف الحقيقة والمبادئ اللاهوتية أو انعدام المبادئ التي يمكن أن تكتنز من الفلسفة ومن التجربة التاريخية هي في الأساس مختارة من قبل الفرد. يجب أن يكون الرجل أو المرأة حرا ليبحث عن الخير والحقيقة والجمال.

رفض إعطاء الآخرين حرية عمل واسعة لتحديد ما يؤمنون به أدى سابقا وسيؤدي حاليا إلى كارثة. عدم التحمل لا يظهر عندما أعتقد أنني وجدت الحقيقة ولكنه يأتي عندما أظن أنه لأنني وجدتها فيجب على كل الناس أن يتفقوا معي. كتب (ريتشارد دوكينز): "أن أيَّ إنسان ينكر التطور هو إما جاهل –غبي– أو مجنون أو شرير ولكنني أفضل أن لا أفكر كذلك"[١٠] لن

يتطلب الأمر خطوات كبيرة بين وصف أحد ما بأنه شرير وبين اتخاذ إجراءات فعالة لوضع نهاية لشره. كتب (جون مادوكس) المحرر في مجلة (Nature): "لن يكون هناك وقت طويل قبل أن تعتبر ممارسة الدين مضادة للعلم ".[١١] يقارن الفيلسوف (دانييل دانيت) في كتابه الصادر أخيرا المؤمنين بالأديان (الـ ٩٠% من السكان) بالحيوانات البرية التي يجب أن توضع في قفص ويقول: إن الآباء يجب أنْ يمنعوا -على ما يبدو بالإكراه- من إخبار أولادهم معلومات خاطئة عن حقيقة التطور والتي هي بالنسبة له واضحة تماما.[١٢] هذه ليست وصفة للتدجين الهادئ، ليست بشيء يجرب لإقناع أحد ما باللاهوت جدلا. إنه طرح مختلف تمام لإكراه أولئك الذين لا يتفقون معك، بينما يتغير وزن الدليل العلمي على نحو مثير يجب أنْ نحتفظ بهذه النقطة في بالنا بشكل جلي. ادعى ريتشارد دوكينز أنَّ داروين جعل من الممكن أن تكون (ملحدا مشبَّعا فكريا)،[١٣]ولكن فشل نظرية داروين على المقياس الجزيئي يمكن أن يسبب له نقصا في الإشباع، لكن لا يجب أن يحاول أحد ما أن يوقفه عن متابعة بحثه.

يضم المجتمع العلمي العديد من العلماء الممتازين الذين لا يعتقدون ذلك. كيف سيستطيع العمل إذا رسميا وأن يعالج السؤال عن هوية المصمم؟ هل يمكن لكتب الكيمياء الحيوية أن تكتب بعبارات صريحة أنَّ الخالق هو من فعل ذلك؟ لا فالسؤال عن هوية المصمم سيتم تجاهله من قبل العلم وتاريخ العلم مفعم بأمثلة عن أسئلة بسيطة ولكنها صعبة تم التقليل من أهميتها. فعلى سبيل المثال تجنب نيوتن تفسير ما يسبب الجاذبية ولم يقدم داروين تفسيرا لأصل الرؤية أو الحياة. ماكسويل رفض أن يحدد وسطا لأمواج الضوء بعد أن أقصي الهواء والفلكيون في العموم تجاهلوا السؤال عما أحدث الانفجار الكبير وعلى الرغم من أن حقيقة التصميم واضحة في الكيمياء الحيوية للخلية إلَّا أنَّ تعريفَ المصمم بناء على طريق علمية يمكن أنْ يكونَ صعبا جدا، بنفس الطريقة استطاع نيوتن أن يرى الجاذبية بسهولة ولكن تحديد سببها ظل لقرون بعده عندما يكون السؤال صعبا بالنسبة للعلم بحيث لا يستطيع التعامل معه حالا فإنه يُنسى ريثما يتم التحقق من العديد من الأسئلة الأخرى الممكنة. إذا ما أرادت الفلسفة والكهنوت أنْ تصرَّ على السؤال الآن فعلينا نحن العلماء أن نتمنى لها الخير ونحتفظ بحق العودة إلى النقاش عندما يصبح لدى العلم شيء ليضيفه.

أكثر فأكثر فضولا

إنَّ مقاومة العلم لتبني استنتاج وجود تصميم ذكي والذي أصبح جليًا من الجهود الشاقة والطويلة ليس له أساس يمكن تسويغه. فالشيفونية العلمية عاطفة يمكن فهمها ولكن يجب ألا يسمح لها بالتأثير على القضايا الفكرية المهمة، يحمل تاريخ المناوشات بين الدين والعلم أمورا يؤسف لها وهي سبب المشاعر السلبية في كل مكان، لكن لا يعد الغضب الموروث أساسا لإصدار الأحكام العلمية، فالمناقشة الفلسفية –من قبل بعض المتدينين– بأنَّ العلم يجب أن يتجنب النظريات التي تضرب ما وراء الطبيعة هو تقييد مصطنع للعلم، كما أنَّ خوفهم من أن التفسيرات الماورائية قد تقهر العلم لا أساس له وأكثر من ذلك فإنَّ مثال نظرية الانفجار الكبير تظهر أنَّ النظريات العلمية التي لها نتائج ما ورائية يمكنها أنْ تكون مثمرة جدا.

يجب ألا يسمح بتدخل الالتزام الفلسفي من قبل بعض الناس بمبدأ عدم وجود أيّ شيء ما ورائيًا –ما وراء الطبيعية" بالتدخل في نظرية تنبع بشكل طبيعي من بيانات علمية مشاهدة. حقوق هؤلاء الناس بتجنب الاستنتاجات الماورائية يجب أن تحترم بشدة ولكن على الكراهية التي يضمنوها أن تحدد.

وبينما نصل نهايةَ هذا الكتاب فإنَّنا سنتركُ من دون دفاعٍ حقيقيٍّ في مقابل ما يبدو أنَّهُ استنتاج غريب بأنَّ الحياة صممها عامل ذكي. بطريقة ما فإنَّ كل التقدم العلمي على مدى عدة مئات من السنوات الأخيرة كان مشيا ثابتا نحو ذلك الاستنتاج الغريب. عاش الناس حتى العصور الوسطى في عالم طبيعي فالأرض المستقرة كانت مركز كل شيء من الشمس والقمر والنجوم التي دارت بدون توقف لتعطي الضوء في النهار والليل، نفس النباتات والحيوانات كانت معروفة منذ القدم والملوك حكموا بالحق المقدس وكانت المفاجآت قليلة.

ومن ثمَّ طرحت وبسخافة فكرة أنَّ الأرضَ تتحرك دائرة حول نفسها فيما تدور حول الشمس. لا أحد كان بإمكانه الإحساس بأنَّ الأرض تدور ولا أحد استطاع رؤيتها ولكنها كانت تدور، من الصعب من موقعنا الحالي أن ندرك أيَّ اعتداء على الحواس تم ارتكابه من قبل (كوبرنيكوس وغاليليو) فلقد قالا: إنَّهُ في النتيجة لا يمكن للبشر الاعتماد على الدليل القادم من أعينهم ومن ثم بدأت الأمور بالتدهور بوتيرة ثابتة عبر السنوات. مع اكتشاف الحفريات ظهر جليًّا أنَّ الحيوانات المعروفة في الحقول والغابات لم تكن دائما على الأرض فقد سكنت

العالم من قبل كائنات ضخمة غريبة لم تعد موجودة الآن. في وقت ما لاحقا هز داروين العالم بنقاشه أن الأحياء الموجودة المعروفة متحدرة من حياة غريبة تلاشت على مدى أزمان طويلة يصعب فهمها على دماغ الإنسان، أخبرنا أينشتاين أن الفضاء منحن وأن الزمن نسبي والفيزياء الحديثة تقول أن الأجسام الصلبة في معظمها فراغ وأن الجسيمات تحت الذرية ليس لها مكان محدد وأن الكون كانت له بداية.

أما الآن فهو دور علم الحياة الأساسي والكيمياء الحيوية الحديثة لتقلق فالبساطة التي توقَّعَ أنَّها سبب الحياة ثبت أنَّها وهم وفي المقابل تسكن الخلايا أنظمة تعقيد هائلة وغير قابلة للاختزال. إنَّ الإدراك الناشئ بأن الحياة قد صممت بواسطة ذكاء قد صدمنا في القرن العشرين نحن الذين اعتدنا على التفكير في الحياة على أنَّها نتيجة القوانين الطبيعية البسيطة، ولكن كما كان للقرون الأخرى صدماتها فليس هنالك أيُّ سبب للافتراض بأنَّ علينا أنْ نهرب منها نحن أيضا.

لقد تحملت البشرية انتقال مركز السموات من كوْنهِ هو الأرض ليصير إلى ما وراء الشمس، وكما توسع تاريخ الحياة ليشمل زواحف ميتة منذ زمن وكإثبات خلود الكوْن السرمديّ فإنَّ علينا أنْ نتحملَ فتح صندوق داروين الأسود.

الخاتمة

حجة التصميم تصمد لعقد من الزمن

ما زلت على أقوالي ذاتها

الآن جاءَ دوْرُ العلمِ الأساسيِّ للحياة -الكيمياء الحيوية المعاصرة- ليزعجَ الداروينية. كُتِبَتْ هذه الملاحظة تحت عنوان (العبارات القاصرة كبيرة). وعندما كُتبتْ هذه الجملةُ في ختام صندوق داروين الأسود لم أتوقعْ كم سيكون القلق عميقا لدى بعض الناس نتيجة مفهوم التصميم الذكي[1] (ID). واليوم مع تتالي صدور التنديدات العلنية بشكل أسبوعي تقريبًا من الأوساط العلمية وغرف إعداد الأخبار في الجرائد على حدٍّ سواء قد يكون من المبكر وغير الناضج أنْ نعلنَ النصرَ للتصميم الذكي. ولكن مع استمرار عمل التفاعل الثقافي بعد عقد من صدور كتاب (صندوق داروين الأسود) تبقى الحجةُ العلميةُ للتصميم قائمةً وأكبر من أيِّ وقت مضى. رغم كل التقدم الهائل للكيمياء الحيوية في السنوات الماضية ورغم مئات المقالات الناقدة في الدوريات المختلفة من (النيويورك تايمز، نيتشر، المسيحية اليوم، فلسفة العلم، جريدة التعليم العالي)،[1] ورغم المعارضة الشديدة من بعض العلماء المرموقين جدا، رغم ذلك كله تبقى حجة الكتاب لإثبات التصميم قائمة. ولو قُدِّرَ لي تأليف الكتب اليوم فالتعديل الذي سأجريه فقط هو إضافة أسماء أولادي الجدد في قسم الشكر والعرفان (دومينيك وهيلين وجيرارد) إذ لا يمكنني التعديل إلا قليلًا في النص الأصلي، بل هنالك الكثير مما يمكن أنْ أضيفه.

تشكل عشرُ سنوات من عمر العلم الحديث حقبةً كاملةً من الزمن، ولنقيسَ الأمرَ تأمل كيف تطور الإنترنت. ففي منتصف التسعينيات كان الإيميل سيئًا والشبكةُ مجردَ ظلٍّ لما نعرفه اليوم، وفي نفس الفترة من الزمن وحسب بعض المقاييس تطورت الكيمياء الحيوية بمقدار يوازي ما تطورت الإنترنت، فتم نشر تسلسل أول جينوم لكائن حي يعيش بشكل مستقل -بكتريا صغيرة اسمها الإنفلونزا المحبة للدم (هيموفيليس إنفلونزا)- قبل أقل من عشر سنوات بقليل، وبعدها بعام نشر تسلسل أول كائن من حقيقيات النوى -خميرة الخبز-، وإلى الآن تَمَّ تحديدُ تسلسل مئات من الجينومات معظمها لكائنات أحادية الخلية، بما فيها طفيلي الملاريا القاتل وكذلك شريكه في القتل الكائن متعدد الخلايا البعوضة ورز الطعام والكلب صديق الإنسان وأقرب أقرباء الإنسانية الشامبنزي وكذلك الجينوم البشري الذي تم الإعلان عن اكتماله في حفل مشترك بهيج عام ٢٠٠٠م ضم رئيس الولايات المتحدة الأمريكية (بل كلنتون) ورئيس وزراء بريطانيا (طوني بلير).

---

[1]- The New York Times, Nature, Christianity Today, Philosophy of Science, and Chronicle of Higher Education.

وتوازى التقدم في معرفة الجينومات مع التعرف على كيفية عمل آليات الحياة. ونعلم اليوم أنَّ معظمَ البروتينات في الخلية تعمل في فريق مؤلف من ستة أوْ أكثر بدلًا من عملها لوحدها. وقبل عشر سنوات اعتقد أنَّ تنظيمَ نشاط المورثات وظيفة للبروتينات لكن ظهرت الآن فئةٌ جديدةٌ وغيرُ متوقعة من الحموض النووية (micro RNA) أوْ الرنا الصغير تساعد في التحكم في كثير من المورثات. أمَّا الآلياتُ التي تستعملها الخلايا لبناء الأهداب والأسواط البكتيرية التي وصفت في الفصل الرابع فقد كانتْ غيرَ شائعةٍ ومعروفةٍ تقريبا عندما ألف الكتاب أول مرة، واليوم نعلم أنَّها أنظمةٌ خلويةٌ معقدةٌ بشكلٍ مذهلٍ لوحدها تقريبًا كالمعامل الآلية التي تصنع المحركات الخارجية. وباختصار مع تقدم العلم بلا توقف فإنَّ الأساسَ الجزيئيَّ للحياة لا يتجه نحو قدر أقل تعقيدًا مقارنة بالعقد السابق، فهو يزداد تعقيدا بشكل كبير مع مضي الزمن وكلما تعقد أكثر كلما أصبحت حجة التصميم الذكي للحياة أقوى بكثير.

ولأنَّ الهرجَ والمرجَ في سوق الثقافة العامة تمنع المرءَ من الحكم بصفاء على فكرةٍ مختلفٍ عليها، سأقوم على مدى الصفحات القليلة القادمة بتناول بعض الالتباسات التي تحيط بحجة التصميم الذكي، والمتراكمة نتيجة عرض فكرة الكتاب أمامَ الناس المعارضين لها أوْ غير المطلعين عليها في خضم النقاشات الحامية خلال العقد الماضي. ومصدر الالتباس الأكبر جاء من سوء فهْمِ مفهوم التعقيد غير القابل للاختزال وكذلك طبيعة حجة التصميم. وبعد تناول هذه الأمور سأنتقل بشكل مختصر لعرض جديد لبعض الأمثلة البيوكيميائية من الفصل الثالث إلى الفصل السابع لننظر كيف فشلت المعارضة – النظرية الداروينية – في تفسيرها منذ منتصف التسعينيات.

ما المشكلة في الاسم؟

قبل عشر سنوات استعملت تعبير التعقيد غير القابل للاختزال[٢] (IC) لألقي الضوء على مشكلة كبيرة في التطور لمْ يتمّ الالتفاتُ إليها في ذلك الوقت. لأنَّهُ مثل مصيدة الفئران، كل الآليات الجزيئية الرائعة تقريبًا في الخلية تحتاج إلى أجزاء عديدة لتعمل. وبسبب الحاجة إلى أجزاء متعددة من الصعوبة جدًّا أنْ نتصورَ بشكلٍ مقبولٍ كيف يمكن نشوء أنظمة كالأهداب والأسواط البكتيرية وسلسلة تخثر الدم من أنظمة أبسط عبر تعديلات صغيرة ومتوالية ومتراكمة كما تخيل (تشارلز داروين).

قمت بتعريف التعقيد غير القابل للاختزال في (الصفحة ٣٩) بأنَّهُ نظامٌ مفردٌ يتألف من عدد من الأجزاء المتوافقة والمتفاعلة المساهمة في وظيفة أساسية، وعند إزالة أحد هذه الأجزاء يؤدي ذلك إلى توقف فعلي لوظيفة النظام. أنا عالمٌ ولست فيلسوفًا، فالغاية من التعريف كانت إضاءة صعوبة تجريبية تقف أمام التدرجية الداروينية بخصوص الأنظمة التفاعلية المعقدة ضمن سياق بيولوجي حقيقي، ولم تكنْ غايتي اللعب بالكلمات. ومع هذا قام بعض منتقدي كتاب (صندوق داروين الأسود) بإخفاء المشكلة التطورية الخاصة بالاصطفاء الطبيعي تحت السجادة عبر التقاط مصطلح التعقيد غير القابل للاختزال أو عبر تغيير خفي في صياغة التعريف، وفي الفقرات الثلاث التالية سننظر في ثلاثة أمثلة.

الساعات تولد من الساعات

جادل فيلسوف العلم (روبرت بينوك) عام ١٩٩٩م في كتابه (برج بابل) بأنَّ التعقيدَ غيْرَ القابل للاختزال ليس مشكلةً بالنسبة للداروينية، وكما يفعل الفلاسفةُ عادةً لمْ يركزْ على العلم ولكن على التعريف أوْ على ما اعتبره هو تعريفا:

وإنْ كان النظامُ معقدًا تعقيدًا غير قابلا للاختزال فيما يتعلق بوظيفة أساسية محددة فهذا لا يعني عدم وجود اختلافات قريبة يمكنها أنْ تخدمَ وظائفَ قريبة، ويدعي (بيهي) أنَّهُ لا يمكن أنْ توجدْ أيَّةُ مراحل وظيفية متوسطة يمكن للاصطفاء الطبيعي أنْ يصطفيها خلال طريق الوصول إلى نظام غير قابل للاختزال، ولكن بيهي لم يستطع الحصول على النتيجة التجريبية من حجته المفاهيمية –بالتعريف– فالفرض التجريبي القوي الذي يحتاجه خاطئ.[٣]

استبدل بينوك بكل بساطة بمفهومه عن التعقيد غير القابل للاختزال مفهومي. فأنا لم أكتب مطلقاً أنَّهُ لا يوجد أيَّةُ مراحل وظيفية متوسطة ممكنة يمكن للاصطفاء الطبيعي أن يصطفيها على طريق صنع نظام غير قابل للاختزال. فهذه كلمات بينوك، وعلى العكس من ذلك فقد أشرت في (الصفحة ٤٠) إلى أنَّهُ رغم أن التعقيد غير القابل للاختزال ينفي وجود طرق مباشرة فإنَّهُ لا يلغي تلقائيا الطرق غير المباشرة، ولكنني تابعت وحاججت بأن الطرق غير المباشرة ضعيفة الاحتمال وكلما زاد تعقيد النظام كلما كانت الطرق غير المباشرة أقل احتمالية. ولكنني لم اقل: إنَّ الطرق غير المباشرة مستحيلة منطقياً كما أوحى بينوك، وهذا سخيف لا يوجد أي دليل علمي يمكنه أن يثبت أنَّ شيئًا ما مستحيلٌ منطقيًّا لأنَّ الاستحالةَ المنطقية تتعلق فقط بالتناقض

الذاتي للعبارات -أعزب ومتزوج- أكثر مما تتعلق بالأمور الطبيعية -DNA عادة يكون حلزونا مزدوجا-. وكمثال على ذلك فنظرية مركزية الأرض ليست مستحيلةً منطقيًا بل مجرد نظرية خاطئة، لا يجب على أيَّة نظرية علمية -أو بإمكانها- أنْ تلغي التفسيرات المنافسة عبر إثبات أنَّها مستحيلةٌ منطقيًا، وهذا الأمر يجري على التصميم الذكي أيضا، تنجح النظريات العلمية عندما تفسر البيانات بشكل أفضل من النظريات المنافسة.

وخلاصة الأمر أنَّ بينوك بنى تعريفه الخاص بالتعقيد غير القابل للاختزال كمغالطة رجل القش -يهاجم فيها الكاتب حجة مختلفة عن حجة الخصم وتكون أضعف- وغايته إضعاف حجة التصميم لتبدو هشة إلى أقصى درجة، وبذلك تزول العقبات من أمام الداروينية. وبتشويه مظهر حجة التصميم لم يجدْ بينوك أيَّةَ حاجة للحديث عن البيولوجيا، بل على العكس من ذلك ذكر في كتابه (برج بابل) مثالا عن الكرونوميتر -ساعة ملاحية- وهو جهازٌ دقيقٌ لقياس الوقت يستعمله البحارة لحساب خطوط الطول في البحر، فلو خربت الساعة الملاحية قليلا استنتج بينوك بأنَّهُ يمكن أنْ يبقى منه ساعة أقل دقة ويفيدنا في ضبط الوقت على اليابسة.

فلو تعطل واحدا أوْ أكثر من هذه -أعمدة التوازن التي على شكل الأثقال والنوابض الحلزونية الأربعة التي يساعد كل منها في تعويض جزء من حركة السفينة- فالساعة لنْ تؤدي وظيفتها المرجوة على السفينة، ولكنها يمكن أنْ تؤدي وظيفةً مختلفةً قليلًا في بيئة مختلفة كما في بحيرة راكدة أو على اليابسة؟[٤]

وهكذا فإنَّ أحدَ الطرق المحتملة منطقياً للحصول على ساعة معقدة هو البدء من ساعة ملاحية دقيقة عبر تعطيلها؟ لا شك أنَّ هذا هو المعنى، كما قال (توماس هكسلي) في سياق آخر: "كم كنتُ غبيًا لأنني لمْ أفكرْ بهذا"، ولكن كيف نحصل على ساعة ملاحية بداية، حسنا كما ترون يمكننا الانطلاق من ساعة فقط:

لو تصور بيلي Paley -المشهور بمثال الساعة الموجودة صدفة في الحقل- وجود ساعات متوالدة تعمل بطريقة داروينية بحيث تحدث تغيرات عشوائية خلال عملية التوالد، ومع وجود ضغط اصطفائي مناسب قد تتطور هذه الساعات لتحل مشكلة خطوط الطول.[٥]

وهكذا نجد في دوامة المنطق الدائري للفيلسوف أنَّ الساعة الملاحية الأكثر دقة تتعطل فتعطي ساعة أقل دقة، والساعة نفسها بطريقة ما[٦] تؤدي لظهور الساعة الملاحية الأكثر دقة، وهو المطلوب.

ولكن بقي أمرٌ غيرُ واضحٍ ما علاقة أيٍّ من هذه الأمور بالمسائل البيولوجية التي تخص التطور.

تبنى فلاسفة وعلماء الداروينيين كتاب (برج بابل) لمؤلفه بينوك بقوة وقد تم التوصية به رسميا من جهات ليس أقلها الأكاديمية الوطنية للعلوم. والظاهر أنَّ كهنةَ الداروينية لا مانعَ لديهم من المصادقة على أيَّة حجة مهما تكن مضحكةً إنْ كانت تخدم قضية الداروينية.

مصيدة فئران من أعواد تنظيف الأسنان

وعلى خطى روبرت بينوك تحمس عالم بيولوجيا الخلية (كينيث ميلر) في جامعة (بروان) ليثبت أنَّ التعقيد غير القابل للاختزال لا يشكل عقبةً أمام اعتماد التطور الدارويني. وكما فعل بينوك لفق ميلر تعريفَهُ الخاصَّ عن التعقيد غير القابل للاختزال ثم جادل ضده. ولكن بخلاف بينوك فإنَّ ميلر توسع بحريةٍ في تخيل مختلف الأعمال التي يمكن الحصول عليها بعد تفكيك نظام يتصف بتعقيد غير قابل للاختزال. على الأقل حاول بينوك أنْ يحافظَ على الوظيفة الأساسية للنظام الأساسي، فكل من الساعات والساعات الملاحية تضبط الوقت، ولكن ميلر ليس لديه أيَّةُ حدود رادعة. فقد تخيل وجود طلائع داروينية واعدة في كل مكان – أي شيء يمكنه أن يملك وظيفةً بسيطةً كبساطة مثقلة الأوراق أو عود تنظيف الأسنان. أعاد ميلر تعريف التعقيد غير القابل للاختزال ليصبح معناه : لا يمكن لأيِّ جزء من أجزاء نظام غير قابل للاختزال أن يكون له وظيفتُهُ المستقلةُ الخاصةُ عن النظام[٧]. نُشِرت قصة بعنوان (ناقدي نظرية التطور تحت نيران أخطاء التصميم الذكي) كتبتها (شارون بيغليّ) من مجلة (وول ستريت جورنال) مستخدمة آراء ميلر كما يلي:

في ١٩٩٦م قدم الكيميائي الحيوي (مايكل بيهي) حجةً أقوى ضد نظرية التطور، وحاجج في كتابه (صندوق داروين الأسود) أنَّ البنى الحيةَ المعقدةَ تملكُ تعقيدًا غير قابلا للاختزال أيْ أنَّها لا تؤدي وظيفتها إلَّا إنْ كانتْ كلُّ أجزائها مركبة معًا كما نجد أنَّ مصيدة الفئران لا تعمل إلَّا عند وجود القاعدة والنابض والعارضة وكل الأجزاء مترابطة، وبالإضافة إلى ذلك فالأجزاء المنفردة في البنى المعقدة يفترض أنَّها لا تؤدي أيَّةَ وظيفة [التأكيد الأخير من عندي][٨]

للأسف رغم أنَّ القسمَ الأولَ من الكلام يعبر عن الحجة الحقيقية التي طرحتها فإنَّ العبارةَ التاليةَ التي وضعت تحتها خطًّا هي عبارةٌ مختلقة بالكامل. فهذه الثغرة كتبت عنها بيغلي في

التصميم الذكي هي من اختراع ميلر. وليس من الصعب معرفة لماذا عمد إلى إعادة تعريف التعقيد غير القابل للاختزال بهذه الطريقة: أنَّ الأجزاء المفردة في البنى المعقدة يفترض أنها لا تؤدي أي وظيفة. لأسباب خَطَابية كما فعل بينوك، وهي إضعاف حجة التصميم إلى أقصى درجة ممكنة، يعتقد ميلر أنَّهُ عندما يمكن إثباتُ أنَّ أحدَ أجزاء مصيدة الفئران يمكن استعمالها كمثقل للأوراق (وهذا أمرٌ ليس صعبًا لأنَّهُ يمكن استعمال أيِّ شيء لتثقيل الأوراق) فإنَّ أيَّ جزء مفرد يمكن أن يؤدي وظيفة، وسيختفي التعقيد غير القابل للاختزال نتيجة القصور في التعريف وعندها سيتنفس كل الداروينيين الطيبين الصعداء.

لكن لا يوجدُ سببٌ يمنعُ الأجزاءَ المفردةَ من نظام غير قابل للاختزال من القيام بأدوار منفصلة، أو أدوار منفصلة متعددة، وأنا لم أكتب ذلك مطلقا. على العكس فقد كتبت بخصوص التعقيد غير القابل للاختزال "إنَّ إزالةَ أيِّ جزء من الأجزاء سيسبب بفاعلية تعطل وظيفة النظام" – لاحظ النظام وليس الأجزاء. على سبيل المثال يمكن لميلر أنْ يزيلَ عارضةَ التثبيت من مصيدة الفئران ولكن نظام الالتقاط في المصيدة سيتعطل مباشرة، ويمكنه استعمالُ العمود بعد ذلك، فيمكن أنْ يستخدمَهُ كعود تنظيف أسنان، والبقية من المصيدة يمكن استعمالها كمثقل للأوراق ولكن لمْ يبقَ أيّ شيء يمكن استعماله كمصيدة للفئران.[٩] وللتوضيح أكثر فإنَّ قطع الليغو Lego التي يلعب بها الأطفال يمكن استعمال أحدها بشكل منفصل كمثقل للأوراق أو يمكن استعمالها لبناء مختلف الأشياء كسفينة لعبة أو طائرة لعبة أو مصيدة للفئران. ومع ذلك فإنْ كان بالإمكان استعمال القطع لبناء أشياء عديدة فإنَّ مصيدة الفئران المبنية من قطع الليغو بشكل مشابه لما وصفته في الفصل الثاني لنْ تعملَ إلَّا إنْ كانتْ أجزاؤها كلُّها موجودة، وستفشل إنْ أُزيلَ أيُّ جزء من الأجزاء.

فالنظام هو الموصوف بأنَّهُ غيرُ قابل للاختزال وليست الأجزاء. وفق منطق ميلر لا يمكنك أنْ تفرقَ بين كومة قطعٍ عشوائية من الليغو وبين آلة ليغو مصممة بشكل دقيق، فظاهريًّا كلاهما متشابهيْن بالنسبة له.

كتَبتْ بيغلي: "إنَّهُ أشبه ما يكون باكتِشاف أنَّ عارضةَ التثبيت من مصيدة الفئران كانت عود تنظيف الأسنان قبل وقت طويل من الالتقاء ببقية الأجزاء لقتل القوارض."[١٠] وهي تعكس هنا قياس ميلر للموضوع، وربما عليها أنْ تقرأَ الفصل الرابع من كتاب صندوق داروين الأسود بتمعن، حيث قلتُ: بناء على مثال البروفسور دوليتل (Doolittle)، يمكننا أنْ نفترضَ طريقًا

يتمُّ فيه بناءُ مصيدة الفئران لأول مرة كالتالي: تظهر المطرقة كنتيجة لمضاعفة عتلتين في مخزننا الخلفي ثُمَّ تتصل المطرقة مع القاعدة، ونتيجة لخلط بعض العيدان الخشبية، يقفز نابض من ساعة الجد القديمة التي كانت تستخدم كجهاز لضبط الوقت، ثم تأتي عارضة التثبيت من قشة تخرج من علبة مياه غازية، ويأتي الملقط من غطاء علبة جعة. ولكن هذا لا يحدث بهذه الطريقة إلّا أنْ يكون أحد ما أو شيء ما يوجه هذه العملية.

طبعاً كنت أكتب هذه الفقرة ساخراً لأنَّني متأكدٌ من أنَّ معظمَ الناس سيدركون سخافة ظهور مصيدة الفئران بطريقة عشوائية، أما ميلر وبيغلي فلا يترددان في الحديث عن ذلك بشكل جدِيٍّ للغاية.

وفي سياقٍ أكثرَ تِقَنية، أعلن ميلر بسرور بالغ أنَّ بعض أجزاء الأنظمة البيوكيميائية غير القابلة للاختزال التي درستها في الكتاب، لها أدوارٌ أخرى في الخلية، مثل البروتينات الهدبية (ciliary) كالتوبلين والدينين (dynein).[١١] ولكنني قد أشرت إلى هذا الأمر بالذات عندما كتبت صندوق داروين الأسود قبل عشر سنوات. ففي الفصل الثالث مثلا: أنَّ النبيبات الدقيقة توجد في كثير من الخلايا وتستخدم عادة كدواعم للبنية تشبه عوارض البناء لتعطي الخلية شكلها[١٢]. بالإضافة إلى ذلك فالبروتينات المحركة لها مشاركة أخرى في وظائف الخلية مثل نقل الحمولة من طرف الخلية إلى طرفها الآخر. وأكدت أيضًا أنَّ هذه الأدوار الأخرى لا تساعدنا في تفسير التعقيد غير القابل للاختزال للهدب: "فإنَّ القصةَ التطوريةَ للهدب يجبُ أنْ يوجدَ في تصورها طريق غير مباشر ربما عبر اعتماد أجزاء قد استخدمت لغايات أخرى لإتمام بناء الهدب، ثُمَّ تابعت بعد ذلك لأبين أن الطرق غير المباشرة غير مقبولة"،[١٣] فإنَّ أعوادَ تنظيف الأسنان لا تفسرُ نشوءَ مصيدة الفئران وكذلك التوبلين والدينين لا يفسران وجود الهدبيات البكترية. لم يعرضْ ميلر نفسهُ أيَّ تفسيرٍ دارويني جدّي بخصوص الهدبيات على الإطلاق، وعوضاً عن ذلك اكتفى بترك حجته تعتمد على أعواد تنظيف الأسنان.

الجزء أ والجزء ب

في مراجعة لكتاب صندوق داروين الأسود –نُشرت في مجلة (مراجعات بوسطن) التي تنشرها جامعة (MIT)– رفض البيولوجي التطوري آلين أور Orr من جامعة (روشيستر) فكرة كينيث ميلر عن تحول أعواد تنظيف الأسنان إلى مصيدة فئران رفضاً فورياً، قائلاً: "يمكننا أنْ

نعتقدَ أنَّ أجزاء نظام معقد غير قابل للاختزال تطورت خطوة خطوة لبعض الغايات ثُمَّ تمَّ نقلها بشكل كلي إلى وظيفة جديدة، ولكن هذا أيضا غير محتمل. ربما تأمل أنْ يتحولَ نصف الغاز المنبعث من سيارتك ليساعد فجأة في قسم الوسادة الهوائية. إنَّ مثل هذه الأمور قد تحدث بشكل نادر جدًّا جدًّا، ولكنها لا تقدم حلًّا شاملاً للتعقيد غير القابل للاختزال".(١٤)

مع ذلك رأى أور طريقة بسيطة لتجنب مشكلة التعقيد غير القابل للاختزال: "ولكن خطأ بيهي الهائل أنَّهُ مع رفضه هذه الاحتمالات -إما حادث حظ مناسب غريب أو تطور من أعواد تنظيف الأسنان إلى مصيدة فئران الذي اقترحه كينيث ميلر- استنتج أنَّهُ لا يوجد أيُّ حل دارويني متبق. ولكن يوجد حل وهو: يمكن لنظام معقد غير قابل للاختزال أنْ ينشأ عبر إضافة أجزاء والتي تكون في بدايتها مجرد أجزاء انتهازية تصبح بسبب تغيرات لاحقة أساسية. والمنطق بسيط بعض الأجزاء (ألف) تؤدي عملا ما -ربما ليس عملا جيدا- ثم يأتي لاحقا أجزاء (باء) لأنَّها تساعد (ألف)، وهذا الجزء الجديد ليس أساسيًّا فهو يحسن الأمور فقط، ولكن بعد ذلك قد يتغير (ألف) -أو شيء آخر- وبطريقة ما يصبح (باء) لا غنى عنه، وهذه العملية تستمر لإضافة أجزاء أخرى حتى نصل إلى نظام، وفي نهاية اليوم نجد الكثير من الأجزاء التي قد تكون كلها ضرورية".(١٥)

وهكذا يعتقد أور، بعكس الحجة التي قدمتها أنا، بأنَّ نظاما معقدا تعقيدا غير قابل للاختزال يمكن إنتاجه بالفعل بطريقة مباشرة. قد يملك أور وجهة نظر مقبولة ضمن حدود ضيقة جدا لو حصر نفسه بالتفكير في شيء بسيط جدا ككومة أحجار. فالكومة الأكبر قد تكون تحسينا (لنقُل تعمل كحاجز أكبر) ثُم يصبح ركم الحجارة فوق بعضها البعض مفيدا. ونظرًا لأنَّ إزالةَ حجر من أسفل الكومة قد يسبب انهيار الكومة فقد يقول أحدهم كلمة باردة وهي أنَّ كومةَ الأحجار كانت غيْرَ قابلة للاختزال، ومع ذلك فقد بنيت بالتدريج حجرًا حجرا. ولكن حجة أور المختزلة هذه لا تقول أيَّ شيءٍ على الإطلاق عن الأمثلة القوية التي أوردتها في كتابي، أو عن تلك التي تحدث داخل الخلية، حيث تقوم أجزاء متنوعة مختلفة بالتأثير على بعضها، فهلا حدد لنا الجزء المميز (ألف) الذي يمكن أن يعمل لوحده كمصيدة للفئران أو كسوط بكتيري؟ وما هو الجزء (باء) الذي يمكن أنْ يأتي بعد ذلك ويحسنه؟ ثم كيف فصّل أور دقائق هذا الطريق المتخيل؟ من المذهل أنَّ أور ليس لديه أيّ شيءٍ يقوله عن مصيدة الفئران أوْ عن الأمثلة البيوكيميائية التي أوردتها في صندوق داروين الأسود، ويبدو أنَّ الحلَ الدارويني المتبقي لديه هو الصمت بخصوص التعقيد البيولوجي الحقيقي غير القابل للاختزال.(١٦)

يبدو أن آلان أور، مثل روبرت بينوك وكينيث ميلر، مهموم فقط بإزالة شبح التصميم الذكي عن البيولوجيا أكثر من التعامل بجدية مع المشكلة التي وضحتها بمصطلح التعقيد غير القابل للاختزال. فإذا كان في الإمكان تغطية الحرج ببعض الكلمات المتخيلة من مثل الجزء (ألف) والجزء (باء) فإن هذا يكفي، ولا حاجة لأن نحاول تقديم أيّ تفسير حقيقي. كتبت مراجعة أور الأصلية في ١٩٩٦م وبعد تسع سنوات كتب بحثًا مطولًا في مجلة (ذا نيو يوركر) وأعاد فيه نفس التفسير الافتراضي الغامض.[١٧] انصرمت تسع سنوات من دون أي تقدم. يبدو أنَّ البعضَ لديه الاستعدادُ لدفع هذا الثمن المرتفع بل وأكثر من ذلك ليصرفوا أبصارهم عن رؤية التصميم.

تأكيد الإيجابي

بالإضافة للارتباك حول مفهوم التعقيد غير القابل للاختزال فقد اعترف بعض المراجعين المنزعجين بحيرتهم إزاء الحجة الإيجابية للتصميم الذكي، أو تساءلوا بصوت مرتفع إنْ كان يوجد مثل هذا الأمر. هل الحجة ببساطة كما يتمُّ تصويرُها بشكلٍ ساحرٍ أنَّ ما لا نعرفُ كيفية تفسيره بالداروينية من التعقيد البيولوجي نقوم بسذاجة بالقفز إلى استنتاج التصميم ؟[١٨]

بالطبع لا، فكما كتبت في الفصل التاسع، التصميم يفهم إيجابيًّا من خلال الترتيب الغائي للأجزاء، والنظر في الأنظمة من هذه الناحية. فالأنظمة غير القابلة للاختزال كمصيدة الفئران والسوط البكتيري كلاهما يخدم حجة سلبية ضد التفسيرات التدرجية كالتفسير الدارويني، وكذلك يخدمان كحجة إيجابية لوجود التصميم. الحجة السلبية تقوم على أنَّ مثلَ هذه الأنظمة التفاعلية ترفض التفسير المعتمد على وجود خطوات صغيرة متراكمة كما يتوقع الطريق الدارويني حدوثها. أما الحجةُ الإيجابيةُ فتعتمدُ على أنَّ الأجزاء تبدو مرتبة لتخدم غرضا، وهو بالضبط ما جعلنا نكتشف وجود التصميم.

وسأؤكد الحجة الإيجابية هنا بملاحظات شخص آخر يهتم كثيرا بمظهر التصميم الذكي في الحياة. والبيولوجيا هي دراسة الأشياء المعقدة التي تعطي مظهرا بأنَّها صممت من أجل غاية، هكذا تكلم (ريتشارد دوكنز) على الصفحة الأولى من الفصل الأول من كتابه الكلاسيكي في الدفاع عن الداروينية (صانع الساعات الأعمى). واسمحوا لي أنْ أكررَ يقول دوكنز: إنَّ تعريف البيولوجيا بالضبط هو دراسة الأشياء التي تبدو مصممة. ففي قطعته النثرية الواضحة، يوجز دوكنز إثبات القضية الإيجابية للتصميم في البيولوجيا بشكل بليغ. وبالطبع هي القضية التي

ينوي العمل على تحطيمها. فما الذي يوجد في الكائنات الحية على نحو يجعلها تبدو مصممة حتى لداروني متشدد كدوكنز نفسه؟ إنَّ التصميمَ ليس استنتاجًا تلقائيًا نطرحه عندما نعجز عن التفكير بأيٍّ سبب آخر، أو نبنيه اعتماداً على فيض مشاعرنا الدافئة أمام منظر غروب الشمس جميل، بل هو ما نستنتجه كما يقول دوكنز عندما نتلمس المهندس الداخلي فينا:

"قد نقول عن جسد حي بأنَّهُ مصممٌ جيدًا إنْ كانت صفاته تدلنا على احتمال أنَّ مهندسًا ذكيًا وعالما قد وضعها لتحقيق غاية معقولة ما، مثل الطيران والسباحة والرؤية، وليس بالضرورة أن نفترض بأنَّ تصميم الجسم أو العضو أفضل ما يمكن أنْ ينجزَهُ المهندس. ولكن يمكن لأيِّ مهندس التعرف على أنَّ جسمًا ما مصمم أو حتى مصمم بالحد الأدنى لتحقيق غاية ويمكنه تقدير ما هي هذه الغاية بمجرد النظر لبنية هذا الجسم."(١٩)

وبعبارةٍ أخرى نستنتج التصميم من الدليل المادي عندما نرى عددًا من العناصر تتجمع معا لتحقق وظيفة يمكن التعرف عليها- ترتيب للأجزاء له غاية.

لا يعترفُ دوكنز على مضض بوجود انطباع ما عن التصميم في الحياة فقط بل يصر على أنَّ مظهرَ التصميم الذي ينسبه للاصطفاء الطبيعي مظهر طاغ: "ومع هذا فإنَّ نتائجَ الاصطفاء الطبيعي تؤثر فينا بعمق عبر مظهر التصميم وكأنها من السيّد صانع الساعات، وتؤثر فينا عبر وهم التصميم والتخطيط"(٢٠)

إن القضية الإيجابية للتصميم في الحياة هي بالضبط ما يراه دوكنز: "(١) تعتمد على ترتيب الأجزاء المادية بحيث تعمل الأجزاء معا لتحقق وظيفة و(٢) هي طاغية، ولأنَّ القضيةَ الإيجابيةَ للتصميم بالفعل طاغية فهي تتطلب تفسيرا أقل بالمقارنة، ومن ناحية أخرى نحتاج إلى انتباه أكثر لتوضيح عجز الطفرات العشوائية والانتخاب الطبيعي وبالأخص على المستوى الجزيئي عن تقديم تفسيرات جيدة للحياة وهي ما يرغب بوجودها عادة (حاشا ريتشارد دوكنز). ولهذا السبب خُصص معظم كتاب (صندوق داروين الأسود) لهذه القضية. مع نهاية الكتاب سنرى أنَّ القليلَ من الأدلة ذات الصلة تبين كيف يمكن للآليات الداروينية تفسير التعقيد العالي للآليات الجزيئية وأن هنالك عقبة بنيوية كبيرة (التعقيد غير القابل للاختزال). كل هذا يمنعنا من أن نعتقد صلاحية الآليات الداروينية لتأدية العمل المطلوب، وأنَّ مظهرَ التصميم على المستوى الجزيئي أكثر روعة منه على المستوى الأكبر للبيولوجيا.

وهنا مرة أخرى نقول عن التصميم باختصار: (١) نستنبط وجود التصميم كلما كانت الأجزاء تبدو مرتبة لإنجاز وظيفة، (٢) إنَّ قوةَ الاستنباط كميةٌ وتعتمد على الدليل، فكلما كانت الأجزاء أكثرَ وكلما كانت الوظيفة أكثرَ تعقيدًا ودقة يكون استنتاج التصميم أقوى، ومع توفر دليل كافٍ تكون ثقتنا بالتصميم قد قاربت اليقين. فإن تعثرنا بساعة أثناء مشينا على مرج عشبي (فضلا عن ساعة ملاّحية) فلن يشكَّ أحد –كما قال بيلي محقا– بأنَّ الساعةَ مصممة. سنكون واثقين بهذا الأمر ثقتنا بأيِّ شيءٍ في الطبيعة. (٣) مناحي الحياة تغمرنا بمظاهر التصميم (٤) ونظرا لأنَّنا لا نملك تفسيرا مقنعا آخر لهذا المظهر القوي للتصميم بالرغم من الذرائع الداروينية، فنملك المبرر المنطقي كاملا لنستنتج أنَّ أجزاء الحياة تلك قد صممت لغاية من قبل فاعل حكيم.

وهنالك نقطة حساسة يتم تجاهلها وهي أنَّ المظهرَ الطاغي للتصميم يؤثر بقوة على عبء الإثبات: فغلبة مظهر التصميم تجعل عبء الإثبات على من ينكر وجود الدليل الماثل أمام عينيه. على سبيل المثال، الإنسانَ الذي خمن أنَّ التماثيل على جزيرة إيستر آيلاند أوْ الصور التي على قمة (رشمور) جاءت نتيجة قوى غير عاقلة يقع عليه العبء الأكبر لإثبات هذا الادعاء. وفي هذه الأمثلة فإنَّ الدليلَ الإيجابي على التصميم موجود ليراه الجميع في الترتيب الغائي للأجزاء التي أنتجت الصور. وأيَّ دليل حدسي للادعاء بأنَّ الصورَ كانتْ نتيجة لعمليات غير عاقلة –ربما الحت الطبيعي الذي شكلها من قوى نظرية عشوائية فارغة من المعنى– عليه أنْ يبين بشكل واضح أنَّ هذه العملية غير العاقلة المفترضة يمكنها أنْ تؤدي هذا العمل، وفي غياب هذا الشرح الواضح فيحق لأيِّ شخصٍ منطقيًّا تفضيل التصميم.

أعتقد أن هذه العوامل تفسر لدرجة كبيرة، رغم الذهول الكبير من البيولوجيين الداروينيين، لماذا يرفض معظم الجمهور العمليات غير العاقلة لتفسير الحياة. فالناس يدركون المظهر القوي للتصميم في الحياة ولا يتأثرون بالحجج والأمثلة الداروينية ويصلون إلى استنتاجاتهم الخاصة، شكرا كثيراً لكم. من دون دليل مقنع قوي على أنَّ داروين قد أتقن اللعبة، يغدو موقف الجمهور في تبنّيه للتصميم عقلانياً تماما.[٢١]

ما زالوا يخمنون بعد كل هذه السنوات

لقد تم في العقد الماضي التنديد بشدة بكتاب (صندوق داروين الأسود) في الأوساط العلمية الرسمية. فلا يكاد يوجد أيّ مجلس لجمعية علمية مهنية لم يُصدرْ طلبًا عاجلًا لأعضائها مناشدًا المساعدة في وقف انتشار تلك الفكرة الخبيثة التي تدعى بالتصميم الذكي للحياة.[٢٢] إذ يملك جزء كبير من الوسط العلمي حافزا قويا للطعن في التصميم، وبالطبع فإنَّ أفضلَ طريقة شرعية للطعن في التصميم تكون ببيان أنَّ العمليات الداروينية يمكنها حقًّا القيام بما يدعيه مناصروها ألا وهو تفسير التعقيد الوظيفي للأساس الجزيئي للحياة. ولكن رغم كل هذا ورغم وجود الدافع الملح ورغم حدوث كل التقدم الهائل في الكيمياء الحيوية في العقد الماضي الذي يصف كيفية عمل الحياة، نفتقد أيّة محاولات جادة لتقديم تفسير بالمصطلحات الداروينية للأمثلة المطروحة في كتاب صندوق داروين الأسود - كل ما هنالك مزيدا من القصص التخمينية الأخرى. رغم أنَّ المعجبينَ بداروين على الإنترنت شغلوا بطرح الكثير من حالات التطور الانتقالي فإنَّ التفسيرات الداروينية الجادة يجب أنْ تنشرَ في المجلات العلمية ولننظر فقط إلى عدة ورقات بحثية نشرت مؤخرا في مجلات تناقش أمثلة من (الفصل ٣ إلى فصل ٧)، المثال الأول لنظام غير قابل للاختزال تم مناقشته في الفصل الثالث وهو الهدب البكتيري، فهو آلة جزيئية دقيقة لدرجة بالغة تحوي مئات من الأجزاء البروتينة، نشر في ١٩٩٦م بضعة أوراق بحثية لتفسير الهدب الجرثومي بمصطلحات تطورية بسيطة جدا، ومع ذلك فإنَّ تفسيرًا داروينيًا جديًّا لهذه الآلة الرائعة – تفسير يسعى حقا للإجابة عن تساؤل كيف يمكن أن تتطور مثل هذه الآلة– عليه أنْ يتعامل مع الكثير من التفاصيل الدقيقة التي تسمح للهدب بالعمل، ويبين كيف يمكن أنْ يأتي كل تفصيل منها باحتمالية معقولة عبر طفرة عشوائية وانتخاب طبيعي، ومع كل خطوة تطفرية صغيرة تأتي لتحسين الخطوة السابقة، دون التسبب بأي مشاكل إضافية تُنقص من قيمة وجودها، ودون الانحراف إلى بنى مؤقتة انتهازية ذات نهاية مسدودة، وهذا سيستغرق جهدًا لإثبات كيف يمكن أن تكون تطورت هذه البنية يعادل الجهد الذي بذل لمعرفة كيفية عملها بداية. وعلى أقل التقدير نتوقع مئات الأوراق البحثية –نظرية وتجريبية– الكثير من المراجعات والكتب واللقاءات وغيرها تخصص كلها لمسألة كيف يمكن لبنى دقيقة جدًّا مثل هذه أنْ تطور بأسلوب دارويني.

تقدم المجتمع العلمي في العقد الماضي تقدمًا كبيرًا في معرفة كيف يعمل الهدب الجرثومي بما في ذلك دوره غير المتوقع في المرض.[٢٣] ولكن في هذه السنوات نفسها حتى مع تحديد تسلسل الجينومات تترا وراء بعضها البعض ورغم اكتشاف تفاصيل تعقيد مستويات أخرى في الخلية، لم يتمَّ تطوير أيَّة مقاربة ولو بعيدة لتفسير تطوري لنشوء الهدب البكتري، فبقيت الداروينية ميتة في الماء وأسرع طريق لتوضيح هذه النقطة أنْ ننظرَ في عنوان ورقة بحثية صدرت مؤخرا عن الهدب البكتيري: "تخمينات عن تطور العضيات ٩+٢ ودور الزوج المركزي للنبيبات الدقيقة" -تم إضافة التأكيد هنا ولاحقا- وبعبارة أخرى تخمين أكثر لفتًا للانتباه وحدس أكثر افتنانًا وهذا لم يكن قليل الوجود في الأوساط الداروينية. وخلاصة الورقة البحثية تُظهر الدور المحوري للمخيلة في هذه القصة:

التطورات الأخيرة ..تقترح بأنَّ هذه العضيات قد تكون خدمت أدوارًا متعددةً في الخلايا حقيقية النوى الأولى، و نخمن بأنَّ الأهدابَ البدائيةَ كانت المحددات الأولية لاستقطاب الخلية ووجهت الحركة في الخلايا حقيقة النوى الأولى، ونعتقد أنَّ إضافة جهازٍ مركزيٍّ لا متناظر قدم تحكما توجيهيًّا معدلا، وتقدم هذه الورقة خطوات مفترضة لهذه العملية التطورية وأمثلة لدعم هذه الافتراضات.[٢٤]

لا تظهر كلمة اصطفاء في أيِّ مكان من الورقة البحثية فضلا عن عبارة (اصطفاء طبيعي) وكذلك لا تظهر كلمة طفرة فضلا عن عبارة (طفرة عشوائية) بل حتى لم يذكر أيَّةَ طفرة محددة، إنَّ كل العلوم تبدأ من التخمين أمّا الداروينية بالذات فتنتهي بشكل متكرر عنده.[٢٥]

المحاور الداروينية الثلاثة

إنَّ وضعَ الأمثلة الأخرى المذكورة في كتاب صندوق داروين مشابه تقريبًا لحالة الهدب الجرثومي. فالسوط البكتيري بمظهره الميكانيكي المذهل -كما يشاهد في مقدمة الكتاب- ربما أصبح التوضيح الأكثر تميزًا لحجة التصميم، وقد راجعه البيوكيميائي المرموق (روبرت ماكناب) من جامعة (يال) في مجلة المراجعة السنوية للميكروبيولوجيا، ولكن في المقال المؤلف من (٧٠٠٠ كلمة) لم يذكر كلمة التطوُّر أوْ أيًّا من مشتقاتها إلَّا مرة واحدة في الجملة الختامية. وعلق ماكناب مشيرا إلى السوط البكتيري وبنية أخرى اسمها نظام الإفراز من النوع الثالث (TTSS) والذي يشبه بوجه ما السوط البكتيري: "من الواضح أنَّ الطبيعة قد وجدت استعمالين لهذا النوع المعقد من الجهاز أما كيف تطورا فهو أمر آخر -التأكيد تم إضافته-

رغم أنَّهُ قد افترض أنَّ السوط البكتيري هو الجهاز الأقدم."[٢٦] إنَّ تعبير (الانتخاب الطبيعي) لم يظهر على الإطلاق في المقال.

إنَّ اكتشاف كوْن السوط البكتيري أكثر تعقيدا مما افتُرض بداية، وأنَّهُ يحوي آلية ضخ بروتين معقدة وغير متوقعة، وأنَّ البُنى المشابهة لمضخة البروتين قد توجد بشكل مستقل، قد أفرح قليلا قلوب الداروينيين. والتفاؤل البريء اعتمد على إعادة التعريف الخطابي من (كينيث ميلر) للتعقيد غير القابل للاختزال والذي ألزم بنصه الخاص بأنَّ الأجزاء من أنظمة معقدة غير قابلة للاختزال لا يمكن أنْ يكونَ لها أيَّةُ وظيفة أخرى، ونظرًا لأنَّ مجموعة فرعية من السوط البكتيري تبدو كجزء من جملة (TTSS) فإنَّ هذا يخرق قول ميلر المأثور مما أسعد بعض الداروينيين غير المتعمقين بالتفكير.

ولكن كما أشرت قبل قليل لا يوجد سبب لعدم امتلاك الأجزاء أو التركيبات الفرعية من أنظمة معقدة غير قابلة للاختزال لوظيفة أخرى أو أكثر، واللعب بالكلمات لا يمكن أن يغطي على التفسير الحقيقي. لم يتم التحقق الدقيق ضمن إطار دارويني لنظام (TTSS) أو للسوط البكتيري أو لأيَّةِ انتقالات بينها في أيَّةِ نشرة علمية احترافية. وأفضلُ ما يمكنُ أنْ نراهُ يوجد في ورقة بحثية صدرت مؤخرا (المعلوماتية الحيوية وعلم الجينومات والتطور لأنظمة الإفراز النمط الثالث غير السوطية: وجهة نظر داروينية)[٢٧]، وفيها نجد ما يلي: "نظام إفراز النمط الثالث مضخة جزيئية مهندسة بدقة -تم إضافة التأكيد- تسخر حلمهة جزيئات (ATP) لنقل البروتينات من السيتوبلازما البكتيري عبر الغشائين الداخلي والخارجي وعبر الجبلة المحيطية أو (البيربلازما Periplasma)."

ولكن ما فحصته الورقة هو ببساطة بيانات تسلسل (DNA) التي حددت في مشاريع تحديد تسلسل الجينوم، رغم أنها قد تؤدي إلى رؤية جيدة كما شرحت في الفصل الثامن، ولكن لا يتبين لنا من مقارنة التسلسل مبدئياً هل ظهرت البنية عبر طفرة عشوائية وانتخاب طبيعي. فالبيانات كما نعلم يتم النظر إليها "في ضوء ثلاثة محاور داروينية: (١) أمور التطور، (٢) أمور التغير، (٣) توقع عدم الاكتمال." -التأكيد من الأصل- أقوال لا معنى وراءها وليست بيانات ولا يمكن للعلم أن يتقدم عندما يلتبس عليه الأمر بين الاثنين.

في الفصل السادس من صندوق داروين الأسود يوجد شرح عن النظام المناعي الدقيق والتحديات التي يضعها أمام الإطار الدارويني للتفسير. وفي ٢٠٠٥م ظهرت ورقة بحثية بعنوان

واعد (ارتقاء نظام مناعة يعتمد الأضداد عبر تطور تدريجي)،[٢٨] وبغض النظر عن أيِّ أمر مثير يمكن أن تخمنه هذه الورقة بشأن التطور التدريجي، فإنها لا تتحدث عن أيِّ شيء في التطور الدارويني.[٢٩] وحقيقة لم يظهرْ اسم داروين أو أيًّا من مشتقاته في هذه الورقة ولم يظهر تعبير (الاصطفاء الطبيعي) واستعمل الاصطفاء مرة واحدة والطفرة ظهرت مرتين، ولكن الطفرتين المتخيلتين لم تحددا، والكلمات التي ظهرت بشكل مكرر (محتمل، تصور، ربما، لعله) وغيرها. وفي نهاية الورقة البحثية اقترح المؤلفون إجراء عدة تجارب في وقت لم يحدد في المستقبل، وإلّا فإنَّ قصتهم التي وضعوها كما يقولون: "تبقى بشكل يائس في مجال التخمينات المحضة". بعبارة أخرى فإنَّ المؤلفين أنفسهم يعترفون بأنَّ ورقتهم تخمينية. يمكن لكل التفسيرات العلمية أن تبدأ بالتخمين ولكن لا يمكنها أن تنتهي إليه.

تم مناقشة تسلسل تفاعلات التخثر في الفصل الرابع وفي ٢٠٠٣ نشر روسل دوليتل مع شركاءه ورقة بحثية بعنوان "تطور تخثر الدم عند الفقاريات كما يشاهد بالمقارنة بين جينوم سمكة (الينفوخ puffer) وجينوم (بخاخ البحر sea squirt). وكما يشير العنوان فهي تقارن ببساطة بين الجينومات وكما أشرت في الفصل الرابع قبل عشر سنوات إنَّ مقارنة التسلسلات تعطي صورة عامة مهمة عن أي البروتينات جاء أولًا أمْ ثانيًا وما هو البروتين الذي يرتبط بغيره. ولكن لا يمكن لهذه المقارنات حتى مجرد إخبارنا بداية ما هي العملية التي تقود هذا. وظهرت ورقة بحثية أخرى في العام نفسه بعنوان جاذب (التطور الجزيئي لشبكة تخثر الدم في الفقاريات)،[٣٠] وكانت مجرد تمرينٍ في مقارنات التسلسلات مع فقرات من التخمينات.

ولا زال الوضع اليوم كما هو دون تغير من عشر سنوات كما كتبت في الفصل الثامن:

لا يوجد إصدار في الأدبيات العلمية -المجلات المحترمة والمجلات المتخصصة أوْ الكتب- ما يصف كيف يتم التطور الجزيئي لأي نظام كيميائي حيوي معقد حقيقي حدث أو قد يحدث. هنالك بعض التأكيدات بأن هذا التطور قد حدث ولكن لا يدعمها أي تجارب أو حسابات وثيقة الصلة.

السؤال الختامي

إنَّ الأوراقَ البحثيةَ التي عرضتها هنا عن أنظمة الهدب البكتيري والسوط البكتيري وتخثر الدم ونظام المناعة هي أفضل أعمال الداروينيين عن نشوء الآلية الجزيئية المعقدة، مما توفر من ١٩٩٦م في الأدبيات العلمية. وفي المقالات الصادرة مؤخرًا التي تستهدف الجمهور العام يتم السخرية من حجة التصميم ويتم التخلي بسهولة عن السؤال الحاسم: ما هو الدليل على قوة الانتخاب الطبيعي؟.[٣١] وفي عام ٢٠٠٥م كتب البيولوجي التطوري (جيري كوين) من جامعة شيكاغو مقالا من (١٤٠٠٠ كلمة) بعنوان (القضية ضد التصميم الذكي) لمجلة (الجمهورية الجديدة) وشرّق كوين في المقال وغرّب من محكمة القرد وسكوبيز إلى استعمال كلمة نظرية في العلم إلى (هنري موريس) ومعهد الأبحاث الخلقية إلى طائر الكيوي الذي لا يطير في نيوزيلاند وفي مجمل تلك المساحة خصص جملتين فقط للسؤال الحاسم، الدليل على قوة الطفرة العشوائية والانتخاب الطبيعي: "رأى البيولوجيون الآن مئات من حالات الانتخاب الطبيعي تبدأ من الأمثلة المعروفة عن مقاومة البكتيريا للصادات إلى مقاومة الحشرات للمبيد (د.د.ت) ومقاومة فيروس الإيدز للأدوية المضادة الفيروسية، الانتخاب الطبيعي يفسر مقاومة السمك والفئران للمفترسين عبر اعتماد تمويه أكبر، وتأقلم النباتات مع المعادن السامة في التربة.[٣٢]

ولكن مقاومة الصادات ومقاومة د.د.ت ومقاومة فيروس الإيدز كلها معروفة منذ عقود، فكل أمثلة كوين معروفة قبل صدور صندوق داروين الأسود لأول مرة، وكلها تشمل تغيرات جزيئية بسيطة وصغيرة ولا يساعدُ أيًّا منها لتفسير أيِّ مثال من الأمثلة التي طرحها الكتاب، ومع كل تلك المساحة لا زال الكاتب يتجنب الخوض في الجدل الحقيقي حول التصميم الذكي، فما الذي يقوله الأستاذ كوين حول الآليات الجزيئية المعقدة؟ حسنًا بالتأكيد يعترف مترددا: "لا شك أنَّ كثيرًا من الأنظمة الكيميائية الحيوية معقدة بشكل بالغ" ولكن لا تقفز إلى استنتاجات، فالبيولوجيين قد بدؤوا بتقديم سيناريوهات مقبولة لكيفية احتمال تطور سبل الكيميائية الحيوية المعقدة تعقيدا غير قابل للاختزال -تم إضافة التأكيد-.

تشمل "السيناريوهات المقبولة" ما ذكرته في الأوراق البحثية التي أوردتها قبل قليل من مثل الهدب والسوط البكتيري والجهاز المناعي. في مراجعة كتاب (صندوق داروين الأسود) بعد

صدوره ١٩٩٦م صرح (جيمس شابيرو) عالم الميكروبيولوجيا من جامعة شيكاغو: "لا يوجد أيَّةُ تفسيرات داروينية مفصلة لتطور أيِّ نظام خلوي أو كيميائي حيوي أساسي. ما يوجد فقط أنواع من التخمينات تقودها الرغبة"[٣٣]. ولم يتغيرْ أيُّ شيء بعد عشر سنوات، سمها إنْ شئتَ تخميناتٍ مرغوبة أوْ سمها سيناريوهات مقبولةً ، كلا التعبيرين يجمع بينهما قاسم الافتقار إلى أجوبة حقيقية.

الإمكانات المستقبلية

إنَّ الإمكانات المستقبليةَ للتصميم الذكي ممتازةٌ لأنَّها لا تعتمد على تفضيلات أيِّ شخصٍ أو مجموعة بل على البيانات. فصعود فرضية التصميم الذكي لا تعود إلى أيِّ شيء كتبته أو قلته أنا أو غيري، ولكن تعود إلى التقدم الكبير للعلم في فهم الحياة. ففي أيام داروين كانت الخلية تعتبر بسيطة جداً لدرجة أنَّ علماءَ الصف الأول أمثال (توماس هكسلي وإرنست هيكل) كانوا يعتقدون بنشوئها بشكل تلقائي من طين البحر وهذا أمرٌ يتوافقُ مع الداروينية. وقبل خمسين عامًا كان أسهل علينا بكثير أنْ نعتقدَ أنَّ التطورَ الدارويني يمكنُ أنْ يفسرَ أصْلَ الحياة بسبب جهلنا بالكثير من الأمور. ولكن مع تقدم العلم ووضوح التعقيد المذهل للخلية حظيت فكرة التصميم الذكي بقبول أكثر. فاستنتاج التصميم الذكي يقوى مع كل اكتشاف جديد لآلة أو نظام جزيئي معقد يكتشفه العلم في أساس الحياة، في ١٩٩٦م بدأت تتوضح هذه الروعة وفي السنوات الأخيرة ازدادت ولا يوجدُ أيُّ سبب لنتوقع أنْ تقلَّ هذه الروعة في وقت قريب.

إنَّها حقيقةٌ قاسيةٌ لهم أنْ تكونَ قضيةُ التصميم الذكي تزداد قوة. ولكن في موضوع مستقل وأكثر أهمية وهو ما يخص ردة فعل الناس على التصميم الذكي، كيف ستقيم فكرة التصميم الذكي من قبل الجمهور ومن قبل المجتمع العلمي في السنوات القادمة؟

إنَّ هذا سؤال يخص علم الاجتماع وعلم السياسة أكثر مما يخص العلم.

فرغم عدم موافقة المقالات الصحفية على ذلك فإنَّ استطلاعات الرأي تؤكد أنَّ معظمَ الجمهور يعتقد بوجود التصميم.

ومن ناحية أخرى يعتمد الوسط العلمي وبسبب تنشئته على الداروينية على التفكير بشكل حصري بالمصطلحات الداروينية ولكن مع هذا يبدو أنَّ هنالك مرات يحدث فيها تغيير. ففي مقال إخباري في مجلة (نيتشر) عن لقاء يقام عبر الدعوة الشخصية فقط لجمع العلماء الشباب

بشكل دوري مع علماء حاصلين على جائزة نوبل وفي هذه العام كتبت اللجنة المنظمة: دعت الأكاديميات العلمية وغيرها من الوكالات حول العالم لمنافسات مفتوحة أمام العلماء الشباب للحضور، ثم اختصرت من القائمة التي ضمت (١٠٠٠٠) إلى قائمة من (٧٢٠) مدعوًّا يمثلون مشاركين يتمتعون بصفات جديدة: (امتياز أكاديمي ومعرفة الآثار الاجتماعية لأبحاثهم وطلاقة باللغة الإنكليزية ومعظمهم تحت الثلاثين وطلاب دكتوراه أو ما بعد الدكتوراه.

ولكن الطلاب سألوا أسئلة مفاجئة: (غونتر بلوب) نوبل طب ١٩٩٩م: "مثير للفضول شأن تلك الأسئلة التي يطرحها طلاب من مختلف الثقافات"، قال هذه الملاحظة بعد نقاش أجري حول البيولوجيا التطورية أجراه (كريستيان دي دوف) نوبل طب ١٩٧٤م. لا جرم إذ فوجيء ببعض الطلاب يعبرون عن اهتمام كبير بـ "اليد الموجهة والخلاّقة" للتصميم الذكي.(٣٤)

مصادر وتعليقات

المقدمة

1. Cameron, A. G. W. (1988) «Origin of the Solar System,» *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 26, 441-472.
2. Johnson, P E. (1991) *Darwin on Trial*, Regnery Gateway, Washington, DC, chap. 5; Mayr, E. (1991) *One Long Argument*, Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 35-39.

الفصل الأول

1. By biochemistry I mean to include all sciences that investigate life at the molecular level, even if the science is done in a department with another name, such as molecular biology, genetics, or embryology.
2. The historical sketch presented here draws mainly from Singer, C. (1959) A *History of Biology*, Abelard-Schuman, London. Additional sources include Taylor, G. R. (1963) *The Science of Life*, McGraw-Hill, New York; and Magner, L. N. (1979) *A History of the Life Sciences*, Marcel Dekker, New York.
3. Described in Weiner, J. (1994) *The Beak of the Finch*, Vintage Books, New York.
4. Darwin, C. (1872) *Origin of Species*, 6th ed. (1988), New York University Press, New York, p. 151.
5. A good summary of the biochemistry of vision can be found in Devlin, T. M. (1992) *Textbook of Biochemistry*, Wiley-Liss, New York, pp. 938-954.
6. For example, as the expected pattern left by speciation events that occurred in isolated populations.
7. Farley, J. (1979) *The Spontaneous Generation Controversy from Descartes to Oparin*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 73.
8. Mayr, E. (1991) *One Long Argument*, Harvard University Press, Cambridge, chap. 9.

الفصل الثاني

1. Mann, C. (1991) «Lynn Margulis: Science's Unruly Earth Mother,» Science, 252, 378-381.
2. Eldredge, N. (1995) *Reinventing Darwin*, Wiley, New York, p. 95.

3. Eldredge, N., and Gould, S.J. (1973) «Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism» in *Models in Paleobiology*, ed. T. J. M. Schopf, Freeman, Cooper and Co., San Francisco, pp. 82-115.
4. Beardsley, T. «Weird Wonders: Was the Cambrian Explosion a Big Bang or a Whimper?» *Scientific American*, June 1992, pp. 30-31.
5. Ho, M. W., and Saunders, P.T. (1979) «Beyond Neo-Darwinism—An Epigenetic Approach to Evolution,» *Journal of Theoretical Biology* 78, 589.
6. McDonald, J. F. (1983) «The Molecular Basis of Adaptation,» *Annual Review of Ecology and Systematics* 14, 93.
7. Miklos, G. L. G (1993) «Emergence of Organizational Complexities During Metazoan Evolution: Perspectives from Molecular Biology, Paleontology and Neo-Darwinism,» *Memoirs of the Association of Australasian Paleontologists*, 15, 28.
8. Orr, H. A., and Coyne, J. A. (1992) «The Genetics of Adaptation: A Reassessment,» *American Naturalist*, 140, 726.
9. Endler, J. A., and McLellan, T. (1988) «The Process of Evolution: Toward a Newer Synthesis,» *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 397.
10. Yockey, H. (1992) *Information Theory and Molecular Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, England, chap. 9.
11. Kaplan, M. (1967) «Welcome to Participants» in *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution*, ed. P. S. Moorhead and M. M. Kaplan, Wistar Institute Press, Philadelphia, p. vii.
12. Schützenberger, M. P. (1967) «Algorithms and the Neo-Darwinian Theory of Evolution» in *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution*, ed. P S. Moorhead and M. M. Kaplan, Wistar Institute Press, Philadelphia, p. 75.
13. Kauffman, S. (1993) *The Origins of Order*, Oxford University Press, Oxford, England, p. xiii.
14. Smith, J. M. (1995) «Life at the Edge of Chaos?» *New York Review*, March 2, pp. 28-30.
15. Mivart, St. G. (1871) *On the Genesis of Species*, Macmillan and Co., London, p. 21.
16. Aneshansley, D. J., Eisner, T., Widom, J. M., and Widom, B. (1969) «Biochemistry at 100°C: Explosive Secretory Discharge of Bombardier Beetles,» *Science*, 165, 61; Crowson, R. A, (1981) *The Biology of the Coleoptera*, Academic Press, New York, chap. 15.

17. Hitching, F. (1982) *The Neck of the Giraffe*, Pan, London, p. 68.
18. Dawkins, R. (1985) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, pp. 86-87.
19. Eisner, T., Attygalle, A. B., Eisner, M., Aneshansley, D. J., and Meinwald, J. (1991) «Chemical Defense of a Primitive Australian Bombardier Beetle *(Carabidae): Mystropomus regularis,»* *Chemoecology*, 2, 29.
20. Eisner, T., Ball, G. E., Roach, B., Aneshansley, D. J., Eisner, M., Blankespoor, C. L., and Meinwald, J. (1989) «Chemical Defense of an Ozanine Bombardier Beetle from New Guinea,» *Psyche*, 96, 153.
21. Hitching, pp. 66-67.
22. Dawkins, pp. 80-81.
23. Dawkins, pp. 85-86.
24. Darwin, C. (1872) *Origin of Species*, 6th ed. (1988), New York University Press, New York, p. 154.
25. Dawkins, R. (1995) *River Out of Eden*, Basic Books, New York, p. 83.

الفصل الثالث

1. A good general introduction to cilia can be found in Voet, D., and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, pp. 1253-1259.
2. There are also other connectors in this system. For example, the contacts the dynein arm makes with the microtubule also serve as a connector. As mentioned previously, a system can be more complex than the simplest system imaginable, and the cilium is an example of such a system.
3. Cavalier-Smith, T. (1978) «The Evolutionary Origin and Phylogeny of Microtubules, Mitotic Spindles, and Eukaryote Flagella,» *BioSystems*, 10, 93-114.
4. Szathmary, E. (1987) «Early Evolution of Microtubules and Undulipodia,» *BioSystems*, 20, 115-131.
5. Bermudes, D., Margulis, L., and Tzertinis, G. (1986) «Prokaryotic Origin of Undulipodia,» *Annals of the New York Academy of Science*, 503, 187-197.
6. Cavalier-Smith, T. (1992) «The Number of Symbiotic Origins of Organelles», *BioSystems*, 28, 91-106; Margulis, L. (1992) «Protoctists and Polyphyly: Comment on 'The Number of Symbiotic...' by T. Cavalier-Smith,» *BioSystems*, 28, 107-108.

7. A search of *Science Citation Index* shows that each paper receives an average of less than one citation per year.
8. A good general introduction to flagella can be found in Voet and Voet, pp. 1259-1260. Greater detail about the flagellar motor can be found in the following: Schuster, S. C., and Khan, S. (1994) «The Bacterial Flagellar Motor,» *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 23, 509-539; Caplan, S. R., and Kara-Ivanov, M. (1993) «The Bacterial Flagellar Motor,» *International Review of Cytology*, 147, 97-164.
9. Voet and Voet, p. 1260.

الفصل الرابع

1. A good general introduction to blood coagulation can be found in Voet, D., and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, John Wiley & Sons, New York, pp. 1196-1207. For more detailed descriptions see any of the following: Furie, B., and Furie, B. C. (1988) «The Molecular Basis of Blood Coagulation,» Cell, 53, 505-518; Davie, E. W., Fujikawa, K., and Kisiel, W. (1991) «The Coagulation Cascade: Initiation, Maintenance, and Regulation,» *Biochemistry*, 30, 10363-10370; Halkier, T. (1991) *Mechanisms in Blood Coagulation, Fibrinolysis and the Complement System*, Cambridge University Press, Cambridge, England.
2. The suffix *-ogen* designates the inactive progenitor of an active molecule.
3. The word *factor* is often used during research when it is not certain what the nature of a substance under investigation is—whether protein, fat, carbohydrate, or something else. Even after its identity is pinned down, however, sometimes the old name continues to be used. In the blood-clotting pathway, all «factors» are proteins.
4. A gene is a portion of DNA that instructs the cell how to make a protein.
5. Doolittle, R. F. (1993) «The Evolution of Vertebrate Blood Coagulation: A Case of Yin and Yang,» *Thrombosis and Haemostasis*, 70, 24-28.
6. The proteins involved in blood clotting are frequently referred to by Roman numerals, such as Factor V and Factor VIII. Doolittle uses that terminology in his article in *Thrombosis and Haemostasis*. For clarity and consistency I have used the common names of the proteins in the quotation.

7. TPA has a total of five domains. Two domains, however, are of the same type.

8. The odds are not decreased if the domains are hooked together at different times—with domains 1 and 2 coming together in one event, then later on domain 3 joining them, and so on. Think of the odds of picking four black balls from a barrel containing black balls and white balls. If you take out four at once, or take two at the first grab and one apiece on the next two grabs, the odds of ending up with four black balls are the same.

9. This calculation is exceedingly generous. It only assumes that the four types of domains would have to be in the correct linear order. In order to work, however, the combination would have to be located in an active area of the genome, the correct signals for splicing together the parts would have to be in place, the amino acid sequences of the four domains would have to be compatible with each other, and other considerations would affect the outcome. These further considerations only make the event much more improbable.

10. It is good to keep in mind that a «step» could well be thousands of generations. A mutation must start in a single animal and then spread through the population. In order to do that, the descendants of the mutant animal must displace the descendants of all other animals.

الفصل الخامس

1. Alberts, B., Bray, D., Lewis J., Raft M., Roberts, K, and Watson, J. D. (1994) *Molecular Biology of the Cell*, 3rd ed., Garland Publishing, New York, pp. 556-557.
2. Komfeld, S., and Sly, W. S. (1995) «I-Cell Disease and Pseudo-Hurler Polydystrophy: Disorders of Lysosomal Enzyme Phosphorylation and Localization,» in *The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*, 7th ed., ed. C. R. Scriver; A. L. Beaudet, W S. Sly, and D. Valle, McGraw-Hill, New York, pp. 2495-2508.
3. Pryer, N. K., Wuestehube, L. J., and Schekman, R. (1992) «Vesicle-Mediated Protein Sorting,» *Annual Review of Biochemistry*, 61, 471-516.
4. Roise, D., and Maduke, M. (1994) «Import of a Mitochondrial Presequence into P. Denitrificans,» FEBS Letters, 337, 9-13; Cavalier-Smith, T. (1987) «The Simultaneous Symbiotic Origin of Mitochondria, Chloroplasts and Microbodies,» *Annals of the New York Academy of*

Science, 503, 55-71; Cavalier-Smith, T. (1992) «The Number of Symbiotic Origins of Organelles,» *BioSystems*, 28, 91-106; Hartl, F., Ostermann, J., Guiard, B., and Neupert, W. (1987) «Successive Translocation into and out of the Mitochondrial Matrix: Targeting of Proteins to the Inner Membrane Space by a Bipartite Signal Peptide,» Cell, 51, 1027-1037.

5. Alberts et al., pp. 551-651.

الفصل السادس

1. Good introductions to the immune system can be found in Voet, D., and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 1207-1234; and Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. (1994) *Molecular Biology of the Cell*, 3rd ed.. Garland Publishing, New York, chap. 23.
2. The cells are actually called B cells because they were fast discovered in the *Bursa fabricius* of birds.
3. The cell goes to enormous trouble to splice together gene pieces—employing very complex machinery to align the ends properly and stitch together the pieces. Except in the case of antibody genes, however, the reason that «interrupted genes» exist at all is still a mystery.
4. Except for cells that make special classes of antibodies. I won't discuss that further complication.
5. Bartl, S., Baltimore, D., and Weissman, I. L. (1994) «Molecular Evolution of the Vertebrate Immune System.» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 10769-10770.
6. Farries, T. C., and Atkinson, J. P. (1991) «Evolution of the Complement System,» *Immunology Today*, 12, 295-300.
7. Examples include: DuPasquier, L. (1992) «Origin and Evolution of the Vertebrate Immune System,» APMIS, 100, 383-392; Stewart, J. (1994) *The Primordial VRM System and the Evolution of Vertebrate Immunity*, R. G. Landes Co., Austin; Sima, P., and Vetvicka, V. (1993) «Evolution of Immune Reactions,» *Critical Reviews in Immunology*, 13, 83-114.

الفصل السابع

1. RNA is made of the four nucleotides A, C, G, and U.

2. Several other simplifications will be used. The hydrogen atoms of the molecule will not be discussed or indicated in Figure 7-1. Hydrogen atoms for the most part just ride along with other atoms in the synthesis of AMP so it really isn't necessary to pay attention to them to get the idea across. Additionally, double bonds and single bonds will not be distinguished, since we are only interested in connectivity.
3. Zubay, G., Parson, W. W., and Vance, D. E. (1995) *Principles of Biochemistry*, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA, pp. 215-216.
4. Although it was previously thought that this step did not require ATP, more recent work has shown that ATP is necessary for the reaction to go at physiological concentrations of bicarbonate. Voet, D., and Voet, J. G. 1995. Biochemistry, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, p. 800.
5. Hall, R. H. (1971) *The Modified Nucleosides in Nucleic Acids*, Columbia University Press, New York, pp. 26-29.
6. Orò, J. (1961) «Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide Under Plausible Primitive Earth Conditions,» *Nature*, 191, 1193-1194. It should be kept in mind that just the base adenine is made by reactions of ammonia and hydrogen cyanide. The nucleotide AMP is extremely difficult to produce under plausible early earth conditions, as noted in Joyce, G. F. (1989) «RNA Evolution and the Origins of Life,» *Nature*, 338, 217-224.
7. Quoted in Joyce, G. F., and Orgel, L. E. 1993. «Prospects for Understanding the Origin of the RNAWorld,» in The RNA World, ed. R. F. Gesteland and J. F. Atkins, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, p. 18.
8. Except by the degradation of ATP, which must be made from AMP in the first place.
9. Creighton, T. (1993) *Proteins: Structure and Molecular Properties*, W. H. Freeman and Co., New York, p. 131.
10. Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. (1994)*Molecular Biology of the Cell*, 3rd ed., Garland Publishing, New York, p. 14.
11. Ferris, J. P, and Hagan, W. J. (1984) «HCN and Chemical Evolution: The Possible Role of Cyano Compounds in Prebiotic Synthesis,» *Tetrahedron*, 40, 1093-1120. It should be kept in mind that the compounds described in this paper do not have the foundation attached.

12. Bloom, A. (1987) *The Closing of the American Mind,* Simon and Schuster, New York, p. 151.
13. Horowitz, N. H. (1945) «On the Evolution of Biochemical Syntheses,» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 31, 153-157.
14. For consistency with other descriptions, I have switched the letters A and D in Horowitz's paper.
15. Kauffman, S. (1993) *The Origins of Order,* Oxford University Press, New York, p. 344.
16. Smith, J. M. (1995) «Life at the Edge of Chaos?» *New York Review,* March 2, pp. 28-30.

الفصل الثامن

1. The atmosphere of the early earth is now thought to have been quite different from the one Miller assumed, and much less likely to produce amino acids by atmospheric processes.
2. Dose, K. (1988) «The Origin of Life: More Questions than Answers,» *Interdisciplinary Science Reviews*, 13, 348.
3. Shapiro, R. (1986) *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*, Summit Books, New York, p. 192.
4. Cech won the Nobel prize for his work. The awarding citation alludes to the impact of Cech's work on origin-of-life studies. Cech himself however, rarely mentions the origin of life in connection with his work.
5. Joyce, G. F., and Orgel, L. E. (1993) «Prospects for Understanding the Origin of the RNA World» in *The RNA World*, ed. R. F. Gesteland and J. F. Atkins, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, p. 19.
6. Joyce and Orgel, p. 13.
7. Although many statements within the scientific community's own journals and books are pessimistic, public statements to the news media tend to be of the everything-is-under-control variety. University of Memphis rhetorician John Angus Campbell has observed that «huge edifices of ideas—such as positivism—never really die. Thinking people gradually abandon them and even ridicule them among themselves, but keep the persuasively useful parts to scare away the uninformed.» Campbell, J. A. (1994) «The Comic Frame and the Rhetoric of Science: Epistemology and Ethics in Darwin's Origin,» *Rhetoric Society Quarterly*, 24, 27-50. This certainly applies to the way the scientific community handles questions on the origin of life.

8. Schlesinger, G. and Miller, S. L. (1983) «Prebiotic Syntheses in Atmospheres Containing CH4, CO, and CO2,» *Journal of Molecular Evolution*, 19, 376-382.
9. Niketic, V, Draganic, Z. D., Neskovic, S., Jovanovic, S., and Draganic, I. G. (1983) «Radiolysis of Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide (pH 6): Compounds of Interest in Chemical Evolution Studies,» *Journal of Molecular Evolution*, 19, 184-191.
10. Kolb, V. M., Dworkin, J. P., and Miller, S. L. (1994) «Alternative Bases in the RNA World: The Prebiotic Synthesis of Urazole and Its Ribosides,» *Journal of Molecular Evolution*, 38, 549-557.
11. Hill, A. R., Jr., Nord, L. D., Orgel, L. E., and Robins, R. K. (1989) «Cyclization of Nucleotide Analogues as an Obstacle to Polymerization,» *Journal of Molecular Evolution*, 28, 170-171.
12. Nguyen, T., and Speed, T. P. (1992) «A Derivation of All Linear Invariants for a Nonbalanced Transversion Model,» *Journal of Molecular Evolution*, 35, 60-76.
13. Adell, J. C., and Dopazo, J. (1994) «Monte Carlo Simulation in Phylogenies: An Application to Test the Constancy of Evolutionary Rates,» *Journal of Molecular Evolution*, 38, 305-309.
14. Otaka, E., and Ooi, T. (1987) «Examination of Protein Sequence Homologies: IV Twenty-Seven Bacterial Ferredoxins,» *Journal of Molecular Evolution*, 26, 257-268.
15. Alexandraki, D., and Ruderman, J. V. (1983) «Evolution of α-and β-Tubulin Genes as Inferred by the Nucleotide Sequences of Sea Urchin cDNA clones,» *Journal of Molecular Evolution*, 19, 397-410.
16. Kumazaki, T., Hori, H., and Osawa, S. (1983) «Phylogeny of Protozoa Deduced from 5S rRNA Sequences,» *Journal of Molecular Evolution*, 19, 411-419.
17. Wagner, A., Deryckere, F., McMorrow, T., and Gannon, F. (1994) «Tail-to-Tail Orientation of the Atlantic Salmon Alpha-and Beta-Globin Genes,» *Journal of Molecular Evolution*, 38, 28-35.

18. Indeed, some proteins we have discussed in this book have sequences or shapes similar to other proteins. For example, antibodies are shaped similarly to a protein called superoxide dismutase, which helps protect the cell against damage by oxygen. And rhodopsin, which is used in vision, is similar to a protein found in bacteria, called bacteriorhodopsin, which is involved in the production of energy.

Nonetheless, the similarities tell us nothing about how vision or the immune system could develop step-by-step.

One would have hoped that finding proteins with similar sequences would lead to the proposal of models for how complex biochemical systems might have developed. Conversely, the fact that such sequence comparisons do not help us understand the origins of complex biochemical systems weighs heavily against a theory of gradual evolution.

19. I have counted in this category papers that are listed in the journal index under the titles «Molecular Evolution,» «Protein Evolution,» and some miscellaneous topics.

20. Kimura, M. (1983) *The Neutral Theory of Evolution*, Cambridge University Press, New York.
21. Kauffman, S. A. (1993) *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, New York.
22. Selander, R. K., Clark, A. G., & Whittam, T. S. (1991) *Evolution at the Molecular Level*, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
23. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology (1987), vol. 52, *Evolution of Catalytic Function*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY.
24. Lehninger, A. L. (1970) *Biochemistry*, Worth Publishers, New York, p. 17.
25. Lehninger, A. L., Nelson, D. L., and Cox, M. M. (1993) *Principles of Biochemistry*, 2nd ed., Worth Publishers, New York, p. viii.
26. Lehninger et al. (1993), p. 244.
27. Conn, E. E., Stumpf, P. K., Bruening, G., and Doi, R. H. (1987) *Outlines of Biochemistry*, 5th ed., John Wiley & Sons, New York, p. 4.
28. Voet, D., and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, p. 19.

29. To its credit, the Voet and Voet text contains a disclaimer at the beginning of the standard discussion of a Stanley Miller-like origin-of-life scenario, which states that there are «valid scientific objections to this scenario.»

الفصل التاسع

1. Kauffman, S. A. (1991) «Antichaos and Adaptation,» *Scientific American*, August, p. 82.

2. Kauffman, S. A. (1993) *The Origins of Order*, Oxford University Press, Oxford, England.

3. Detecting design in patterns of coin flips or other systems that do not physically interact is done in other ways. See Dembski, W. (1996) *The Design Inference: Eliminating Chance Through Small Probabilities*, Ph.D. dissertation, University of Illinois.

4. This is a judgment call. One can never prove that a particular function is the only one that might be intended—or even that it is intended. But our evidence can get pretty persuasive nonetheless.

5. It is hard to quantify design, but it is not impossible, and future research should proceed in this direction. An excellent start has been made by Bill Dembski in his dissertation (Dembski, 1996), which attempts to quantify the design inference in terms of what he calls the «probabilistic resources» of a system.

6. Dawson, K. M., Cook, A., Devine, J. M., Edwards, R. M., Hunter, M. G., Raper, R. H., and Roberts, G. (1994) «Plasminogen Mutants Activated by Thrombin,» *Journal of Biological Chemistry*, 269, 15989-15992.

7. Reviewed in Gold, L., Polisky, B., Uhlenbeck, O. & Yams, M. (1995) «Diversity of Oligonucleotide Functions,» *Annual Review of Biochemistry* 64, 763-797.

8. Joyce, G. F. (1992) «Directed Molecular Evolution,» *Scientific American*, December, p. 90.

9. Benkovic, S. J. (1992) «Catalytic Antibodies,» *Annual Review of Biochemistry* 61, 29-54.

10. Dawkins, R. (1995) *River Out of Eden*, Basic Books, New York, pp. 17-18.

الفصل العاشر

1. Cited in Barrow, J. D., and Tipler, F.J. (1986) *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, New York, p. 36.

2. Barrow and Tipler, p. 36.

3. Paley, W. *Natural Theology*, American Tract Society, New York, pp. 9-10.

4. Dawkins, R. (1985) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, p. 5.

5. Paley, pp. 110-111.

6. Paley, pp. 199-200.

7. Paley, pp. 171-172.

8. Paley, pp. 184-185.
9. Dawkins, p. 5.
10. Dawkins, p. 6.
11. Sober, E. (1993) *Philosophy of Biology*, Westview Press, Boulder, Co, p. 34.
12. Sober, pp. 34-35.
13. Sober, p. 35.
14. Sober, pp. 37-38.
15. Shapiro, R. (1986) *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*. Summit Books, New York, pp. 179-180.
16. Miller, K. R. (1994) «Life's Grand Design,» *Technology Review* February/ March, pp. 29-30.
17. Dyson, J. F. (1966) «The Search for Extraterrestrial Technology» in *Perspectives in Modem Physics*, ed. R. E. Marshak, John Wiley and Sons, New York, pp. 643-644.
18. Crick, F. H. C., and Orgel, L. E. (1973) «Directed Panspermia,» *Icarus*, 19, 344.
19. Futuyma, D. (1982) *Science on Trial*, Pantheon Books, New York, p. 207.
20. Miller, pp. 31-32.
21. Miller, p. 32.
22. Gould, S.J. (1980) *The Panda's Thumb*, W. W. Norton, New York.

الفصل الحادي عشر

1. Shapiro, R. (1986) Origins: *A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*, Summit Books, New York, p. 130.
2. Dickerson's essay can be found in *Journal of Molecular Evolution*, 34, 277 (1992), and *Perspectives on Science & Christian Faith*, 44, 137-138 (1992).
3. The reformulated rule is essentially identical to what a peripatetic philosopher of science named Michael Ruse testified were the defining characteristics of science during the 1981 trial to determine the constitutionality of the Arkansas «Balanced Treatment for Creation-Science and Evolution-Science Act.» Judge William Overton's opinion overturning the law relied heavily on Ruse's ideas. The opinion has been strongly criticized as inept by other philosophers of science. Many relevant trial documents are collected in Ruse, M., ed. (1988) *But Is It Science?* Prometheus Books, Buffalo, NY.

Judge Overton, echoing Ruse, wrote of science that: «(1) It is guided by natural law; (2) It has to be explanatory by reference to natural law; (3) It is testable against the empirical world; (4) Its conclusions are tentative; i.e., are not necessarily the final word; and (5) It is falsifiable (Testimony of Ruse and other science witnesses).» Overton's opinion was received with scorn by other philosophers of science. Philip Quinn wrote, «Ruse's views do not represent a settled consensus of opinion among philosophers of science. Worse still, some of them are clearly false and some are based on obviously fallacious arguments» (in Ruse, 1988, p. 384). Larry Laudan ticked off the problems. «Some scientific theories are well-tested; some are not. Some branches of science are presently showing high rates of growth; others are not. Some scientific theories have made a host of successful predictions of surprising phenomena; some have made few if any such predictions. Some scientific hypotheses are ad hoc; others are not. Some have achieved a 'consilience of inductions'; others have not» (in Ruse, 1988, p. 348). Laudan cited many exceptions to Overton's opinion: «This requirement [for explanation by natural law] is an altogether inappropriate standard for ascertaining whether a claim is scientific. For centuries scientists have recognized a difference between establishing the existence of a phenomenon and explaining that phenomenon in a lawlike way. . . . Galileo and Newton took themselves to have established the existence of gravitational phenomena, long before anyone was able to give a causal or explanatory account of gravitation. Darwin took himself to have established the existence of natural selection almost a half-century before geneticists were able to lay out the laws of heredity on which natural selection depended» (in Ruse, 1988, p. 354). Laudan saw no cause for rejoicing: «The victory in the Arkansas case was hollow, for it was achieved only at the expense of perpetuating and canonizing a false stereotype of what science is and how it works» (in Ruse, 1988, p. 355).

4. Of course, whether «evolution» and «religion» are compatible depends on your definitions of both. If one takes the position that evolution not only occurred solely by uninterrupted natural law, but that the process is «purposeless» and «unforeseen» in a metaphysical sense, then that does place «evolution» on a collision course with many religious denominations. Phillip Johnson has done an admirable job of pointing out the many ways in which the word evolution is used,

and how shifting definitions can confuse public discussion of the issue. Johnson, P. E. (1991) *Darwin on Trial*, Regnery Gateway, Washington, DC.
5. Simon, H. (1990) «A Mechanism for Social Selection and Successful Altruism,» *Science*, 250,1665-1668.
6. The influence of various religious cultures on the development of science is described in Jaki, S. (1986) *Science and Creation*, Scottish Academic Press, Edinburgh.
7. The reaction of science to the Big Bang hypothesis, including Eddington's and other prominent physicists, is recounted in Jaki, S. (1980) *Cosmos and Creator*, Regnery Gateway, Chicago.
8. Jaki, S. (1986).
9. Dawkins, R. (1986) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, p. 159.
10. Dawkins, R. (1989) *New York Times*, April 9, 1989, sec. 7, p. 34.
11. Maddox, J. (1994) «Defending Science Against Anti-Science,» *Nature*, 368, 185.
12. Dennett, D. (1995) *Darwin's Dangerous Idea*, Simon & Schuster, New York, pp. 515-516.
13. Dawkins, R. (1986), p. 6.

الخاتمة

1. What exactly is «intelligent design? In an article in 2001 in the philosophy of science journal, *Biology and Philosophy*, I made an important distinction: «By [intelligent designl someone might mean that the laws of nature themselves are designed to produce life and the complex systems that undergird it. Without commenting on the merits of the position, let me just say that that is not the meaning I assign to the phrase. By «intelligent design» (ID) I mean to imply design beyond the laws of nature. That is, taking the laws of nature as given, are there other reasons for concluding that life and its component systems have been intentionally arranged, just as there are reasons beyond the laws of nature for concluding a mousetrap was designed? [Unless stated otherwise] whenever I refer to ID I mean this stronger sense of design-beyond-laws.»
2. The term «irreducible complexity» occurred to me independently. However, I've since learned that the phrase was used earlier in *Templets and the Explanation of Complex Patterns* (Cambridge

University Press, 1986) by Case Western Reserve University biologist Michael J. Katz. He appeared to have in mind the same sorts of phenomena as I did.

3. Pennock R. (1999). *Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 267-268.
4. Pennock, 269.
5. Pennock, 269.
6. Pennock doesn't bother to say how those suspiciously complex, dumbbell-shaped balances and springs get added. Needless to say, a chronometer is a very complex device. Pictures of several versions of early chronometers built be John Harrison can be seen at robens.anu.edu.au/student.projects97/naval/hl.htm. Try even turning one into another by «numerous, successive, slight modifications». Pennock doesn't.
7. «The most important prediction of the hypothesis of irreducible complexity is that components of irreducibly complex structures should not have functions that can be favored by natural selection.» www.millerandlevine.com./km/evol/ design1/article.html That «prediction,» however, was made up by Miller.
8. Begley. Sharon (2004), «Evolution Critics Come Under Fire for Flaws in 'Intelligent Design.'» *Wall Street Journal*, B.l. Feb. 13.
9. Suppose the separated holding bar that's being used as a toothpick and the remainder of the trap that's being used as a paperweight were recombined to make a working mousetrap. Doesn't that show we can get an irreducibly complex mousetrap from parts being used for other purposes? No, it doesn't. The example is artificial; like Robert Pennock's chronometer breaking to give a watch, it doesn't reflect the situation that would be expected to confront Darwinian evolution. The example overlooks the fact that the parts were originally taken from the mousetrap, and were already shaped to perform the job they do in the mousetrap. But evolution would not be expected to pre-adapt parts being used for one purpose to a wholly different, complex second purpose. To see the difficulty, imagine trying to put together a mousetrap from a real toothpick and real paperweight that you buy at a discount store (without extensive re-arrangement and intelligent intervention). And the difficulty gets much worse as the complexity of the system increases beyond comparatively simple mousetraps.
10. Begley, 2004.

11. www.millerandlevine.com/km/evol/design1/article.htm

12. Actually, microtubules are way cooler than «mere structural supports.»

13. It's also important to keep in mind a subtle but critical distinction I wrote about in Behe M. J. (2004), «Irreducible Complexity: Obstacle to Darwinian Evolution,» in: Dembski W. A., and Ruse M, eds., *Debating Design: From Darwin to DNA*, Cambridge University Press, pp. 352-370.

«Consider a hypothetical example where proteins homologous to all of the parts of an irreducibly complex molecular machine first had other individual functions in the cell. Might the irreducible system then have been put together from individual components that originally worked on their own, as some Darwinists have proposed? Unfortunately this picture greatly oversimplifies the difficulty, as I discussed in *Darwin's Black Box* (Behe 1996, p. 53) Here analogies to mousetraps break down somewhat, because the parts of a molecular system have to automatically find each other in the cell. They can't be arranged by an intelligent agent, as a mousetrap is. To find each other in the cell, interacting parts have to have their surfaces shaped so that they are very closely matched to each other, such as pictured in Figure 2. Originally, however, the individually acting components would not have had complementary surfaces. So all of the interacting surfaces of all of the components would first have to be adjusted before they could function together. And only then would the new function of the composite system appear. Thus, I emphasize strongly, the problem of irreducibility remains, even if individual proteins homologous to system components separately and originally had their own functions.»

14. Orr, H. A. (1996), «Darwin v. Intelligent Design (Again).» *Boston Review*, Dec/Jan.

15. Orr

16. In one of many examples of the Darwinian echo chamber, in *Tower of Babel* Robert Pennock approvingly quotes Orr's reasonsing about hypothetical «part A» and «part (B),» but is equally reticent about spelling out how such reasoning applies to real mousetraps or biochemical examples.

A cartoonish effort to gradually construct a mousetrap while keeping the function of trapping mice constant from the start was mounted on the Internet by University of Delaware biologist John McDonald. However, as I pointed out in a reply, the effort is steeped in intelligent

guidance, which is fatal to any Darwinian claims. One could also ask, if it's so difficult to see how a simple mousetrap could be put together by a series of unguided small steps, how much more difficult would it be to assemble the stupendously intricate molecular machinery of the cell? (An animated version is available at http://udel.edu/~mcdonald/mousetrap.html. His original version is at http://udel.edu/~mcdonald/oldmousetrap.html. My response, detailing the involvement of intelligence, is available at www.arn.org/docs/behe/mb_mousetrapdefended.htm)

17. «But biologists have shown that direct paths to irreducible complexity are possible, too. Suppose a part gets added to a system merely because the part improves the system's performance; the part is not, at this stage, essential for function.» Orr, H. A. Devolution (2005), *The New Yorker*, May 30. Apparently in consideration of the magazine's lay readership he left out the technical terms «part (A)» and «part (B).»
18. Blackstone N. W (1997), «Argumentum ad Ignorantium,» *Quarterly Review Biology* 72:445-447.
19. Dawkins R. (1986). *The Blind Watchmaker*, Norton, New York, p. 21.
20. Dawkins.
21. Of course other factors besides the quality of the evidence, such as social pressure, can affect a person's judgment. In the scientific and academic communities as a whole there is strong social pressure to dismiss design explanations for life out of hand. The social situation is quite different for the general public.
22. The National Center for Science Education—a Darwinian watchdog group—maintains a comprehensive list at www.ncseweb.org, with denunciations handily categorized by groups.
23. Pazour G.J., and Rosenbaum J.L. (2002), «Intraflagellar Transport and Cilia-dependent Diseases,» *Trends in Cellular Biology* 12:551-555.
24. Mitchell D. R. (2004), «Speculations on the Evolution of 9+2 Organelles and the Role of Central Pair Microtubules.» *Biol. Cell*, 96:691-696.
25. In arguing against intelligent design in his 1999 book *Finding Darwin's God*, Ken Miller pointed to cilia which he said were simpler than the common «9+2» cilium pictured in Chapter 3. The implication was that perhaps such structures might somehow serve as intermediates on the way to the common cilium. Besides being terminally vague and

speculative (after all, the cilium is made of 200 parts), his story doesn't even square with the data. As reported in the paper mentioned above (Mitchell, 2004),

All present day cilia and (eukaryotic, not bacterial] flagella, motile or not, clearly evolved from the 9+2 versions. The rarely encountered motile 14+0, 12+0, 9+0, 6+0, or 3+0 axonemes 1/4 , and the widespread non-motile metazoan 9+0 axonemes, are all derived through loss and modification from ancestral 9+2 organelles.

In other words, like Robert Pennock's less-complex watch that is derived from a more-complex chronometer, variant less-complex cilia appear to be derived from the standard more-complex kind of cilium. Needless to say, it is no Darwinian explanation-not even a vague one-to postulate derived, less-functional simplicity from unexplained, more-functional complexity.

26. Macnab R. M. (2003), «How Bacteria Assemble Flagella,» *Annual Review Microbiology* 57:77-100.
27. Pallen M. J., Beatson S. A., and Bailey C. M. (2005), «Bioinformatics, Genomics and Evolution of Non-flagellar Type-III Secretion Systems: A Darwinian Perspective.» *FEMS Microbiol Rev.* 29:201-229.
28. Klein J., and Nikolaidis N. (2005), «The descent of the antibody-based immune svstem by gradual evolution,» *Pro. National Academy of Science USA* 102:169-174.
29. The authors have an expansive idea of «gradual,» whereby they count the first appearance of any category of protein as sufficient to explain whatever activity a member of the category is now involved in. That's kind of like saying that the springs in a mattress explain the springs in a clock.
30. Davidson C. J., Hirt R. E, Lal K., Snell P. Elgar G., Tuddenham E. G., and McVey J. H. (2003), «Molecular Evolution of the Vertebrate Blood Coagulation Network,» *Thromb Haemost* 89:420-428.
31. Some commentators have claimed that evolutionary theory has moved beyond Darwin, and that mechanisms other than natural selection are operative in biology. Other mechanisms, however, are irrelevant. In trying to explain apparent design, only natural selection matters. Here's Jerry Coyne himself making that point:

Since 1859, Darwin's theories have been expanded, and we now know that some evolutionary change can be caused by forces other than natural selection. For example, random and non-adaptive changes

in the frequencies of different genetic variants-the genetic equivalent of coin-tossing-have produced evolutionary changes in DNA sequences. Yet selection is still the only known evolutionary force that can produce the fit between organism and environment (or between organism and organism) that makes nature seem «designed» [emphasis added]. Coyne, J. A. (2005), «The Case Against Intelligent Design. The Faith That Dare Not Speak Its Name,» *The New Republic*, August 22.

32. Coyne.

33. Shapiro, J. (1996), «In the Details . . . What?» *National Review*, Sept. 16, 62-65. Shapiro's judgment is seconded by Colorado State University emeritus professor of biochemistry Franklin Harold in his book *The Way of the Cell* (Oxford, 2001): «. . .we must concede that there are presently no detailed Darwinian accounts of the evolution of any biochemical system, only a variety of wishful speculations.»

34. Abbott A. (2005), «Nobel laureates: Close encounters,» *Nature* 436:170-171.

الفهرس

دار الكاتب للنشر والتوزيع
Elkateb for Publishing and Distribution

إن الجدل القديم حول العلاقة بين العلم والدين لم يهدأ، فمنذ عصر التنوير بشكل خاص وهو يظهر في صور جديدة، ويقدم نفسه بأدوات مختلفة، وأحيانا تحت أقنعة لا تعكس خلافا حقيقيا ذا ثمرة، كما ألمح فيلسوف الوعي كن والبر Ken Wilber ذات مرة.

فمن نافذة السجال المحتدم بين الداروينيين الجدد وأنصار التصميم الذكي، يأتي هذا الكتاب كمساهمة من (مركز براهين) لإسماع القارئ العربي المسلم صوت الطرف الأكثر تعرضا للاضطهاد في معركة التفسير الأمثل لأصل وتنوع أشكال الحياة، صوت أنصار مقالة التصميم التي لم تفتأ تكتسب زخماً يوما بعد يوم.

مركز براهين

ISBN 978-977-85165-1-7

9 789778 516517

دار الكاتب للنشر والتوزيع
Dar Alkateb for Publishing and Distribution
العنوان: شارع شبين الكوم - الإسماعيلية - مصر
Dar-Alkateb.com - info@Dar-Alkateb.com
هاتف: (002)01015577460 - (002)01271031218